

**DE-25 05 695**  
**BOWLES Fluidics Corp**

**SUMMARY**

The oscillating fluid jet is formed inside a gaseous or liquid agent, and the oscillations in the jet are produced inside a self-regulating generator, before the jet leaves the generator. The generator can be in the form of a fluidic oscillator with an exit one allowing free jet oscillation and directly connected to the oscillator outlet port. It can have an interaction chamber coupled to the exit zone by two control passages acting in the same or a different manner as the chamber, the dimensions of the latter being such that the static fluid pressure is higher than in the exit zone. The fluid in the passage flows only from the chamber to the exit zone.



**B 05 B 1/14**  
 B 05 B 12/06  
 A 01 M 7/00  
 A 01 C 23/00  
 A 61 H 9/00  
 F 15 B 21/12

⑪  
 ⑯  
 ⑰  
 ⑱

## Offenlegungsschrift 25 05 695

Aktenzeichen: P 25 05 695.5  
 Anmeldetag: 11. 2. 75  
 Offenlegungstag: 22. 4. 76

⑩  
 ⑪

Unionspriorität:

⑯ ⑰ ⑪

30. 9.74 USA 510722

⑩

Bezeichnung:

Vorrichtung zum Versprühen eines Fluids, insbesondere fluidischer Oszillator

⑩

Anmelder:

Bowles Fluidics Corp., Silver Spring, Md. (V.St.A.)

⑩

Vertreter:

Pätzold, H., Dr.-Ing., Pat.-Anw., 8000 München

⑩

Erfinder:

Stouffer, Ronald D., Silver Spring; Bray jun., Harry C., Beltsville; Md. (V.St.A.)

NACHRICHT

Bl. 1 - 43

DR.-ING. HERBERT PÄTZOLD  
PATENTANWALT

2505695

8 MÜNCHEN 71  
HINDELANGSTR. 6 TELEFON 0811/75 77 25  
TELEGRAMMADRESSE: PATITIA MÜNCHEN

Bowles Fluidics Corporation  
Silver Spring, Maryland, USA

---

Vorrichtung zum Versprühen eines Fluids, insbesondere  
fluidischer Oszillatör

---

Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zum Versprühen eines Fluids, insbesondere fluidischer Oszillatör, mit einer Düse zur Abgabe eines Strahles der durch eine Austrittsöffnung in einem von an die Austrittsöffnung anschließenden, stromab divergierenden Austrittswänden begrenzten Austrittsbereich periodisch zwischen den beiden Austrittswänden hin- und herschwenkt.

Unter Fluid oder Strömungsmittel werden vor allem Gase und Flüssigkeiten mit oder ohne Feststoffanteilen verstanden.

Bekannte und industriell genutzte Sprühvorrichtungen zum Zersprühen oder Zerstäuben von Flüssigkeiten besitzen vielfach eine Düse mit einem scharfkantigen Austrittsbereich zur Abgabe eines zersprühten Strahles. Die Ausbildung des Sprühstrahl s und die Größe der Tröpfchen hängt u.a. von dem Druck ab, unter dem die Flüssigkeit aus der Düse gedrückt wird. Die Größe der Tropfen ist dabei umgekehrt proportional dem Druck. Der Bereich in dem der Druck zur Beeinflussung der Tröpfch ngröße g ändert w rd n können, ist sehr klein. Di Sprühstrahlausbildung bl ibt

609817/1187

dagegen über einen weiten Druckbereich oberhalb eines bestimmten Druckes konstant. Sie ändert sich jedoch wesentlich bei bestimmten niedrigen Drücken. Der Druck zum Erhalt bestimmter Tropfengröße wird auch von der Oberflächenspannung der Flüssigkeit beeinflußt. Eine Flüssigkeit mit höherer Viskosität erfordert einen höheren Druck als eine Flüssigkeit mit geringerer Viskosität um eine gegebene Tropfengröße zu verkleinern. Ein vorbestimmter Druck, oberhalb dessen eine herkömmliche Sprühdüse einen konstanten Sprühstrahl abgibt, ist von der Viskosität abhängig und zwar je höher die Viskosität ist, um so höher ist der vorbestimmte Druck.

Verschiedene Anwendungen für Flüssigkeitssprüher haben verschiedene Anforderungen an die Tropfengröße und ihre Verteilung in dem Sprühstrahl. Z.B. für Farbsprüher ist es wesentlich, daß die einzelnen Tropfen genügend klein sind, ohne daß sie verspülten. Bevorzugt wird eine Tropfengröße von 25 Mikron oder weniger. Es ist wichtig für einen Farbsprüher, daß die Tröpfchengröße festlegbar ist. Da die Farbe in Farbsprühern über herkömmliche Düsen versprüht wird, müssen diese daher oberhalb von Drücken arbeiten, bei denen maximale Tröpfchengrößen erzielbar sind. Es muß ein Druckbereich gewählt werden, in dem die Sprühstrahleigenschaften konstant bleiben. Ein solcher Druckbereich ist höher als der Druck der zur Erzielung genügend kleiner Tröpfchen notwendig wäre. Bei Sprühvorrichtungen für die Landwirtschaft (z.B. zum Versprühen von Pestiziden, Dungmitteln) müssen die Tröpfchen im wesentlichen größer als 80 Mikron sein, weil kleinere Tröpfchen leicht vom Wind weggetragen werden und an einem entfernten Ort zur Absetzung kommen können, wo sie schädlich oder zu Verschmutzungen führen können. Weiterhin ist ein gleichförmiges Versprühen (d.h. eine gleichförmige Verteilung der Flüssigkeit über den ganzen Sprühstrahl) in vielen Anwendungsfällen in der Landwirtschaft von Wichtigkeit. Die Anwendung in der Landwirtschaft verlangt niedrigere Strömungsgeschwindigkeiten als bei Farbsprühen.

Herkömmliche Sprühdüsen arbeiten daher für landwirtschaftlich Zwecke bei Drücken und der Größe von 50 psi, um eine gewünschte Versprühung zu erzielen, wohingegen Farbsprüher in der Regel bei Drücken von einigen Tausend psi arbeiten. In der Industrie wurden daher schon viele Anstrengungen aufgewandt, die erforderlichen Drücke zum Versprühen eines Strahl s zu verringern, ohne daß dadurch die entsprechenden Sprühstrahleigenschaften benachteiligt werden.

Es ist daher Aufgabe der Erfindung, eine Vorrichtung zum Versprühen eines Fluids anzugeben, dessen Sprühstrahl Tropfen bestimmter Größe besitzen und der erforderliche Druck zur Erzielung des Sprühstrahles wesentlich niedriger als bei vergleichbaren bekannten Vorrichtungen ist. Bei relativ niedrigen Drücken sollen Sprühstrahlen abgegeben werden können, die in einem Falle Tropfen nur von solcher Größe aufweisen, die kleiner sind als eine bestimmte Größe. Im anderen Falle soll es möglich sein, einen Sprühstrahl abzugeben, dessen Tropfen alle eine Größe aufweisen, die größer ist als eine bestimmte Größe. Außerdem sollen Sprühstrahlen möglich sein, deren Tropfen alle im wesentlichen die gleiche Größe aufweisen.

Versuche von Rayleigh und anderen haben ergeben, daß wenn eine Düsenöffnung quer zu ihrer Strömungssachse oberhalb einer bestimmten Amplitude und Frequenz vibriert, ein Flüssigkeitsstrahl, der aus der Düsenöffnung austritt, in Tropfen auseinanderbricht, die eine bestimmte Aufeinanderfolge aufzeigen und eine bestimmte Größe besitzen. Die Schwingungsamplitude muß wenigstens gleich dem Radius der Düsenöffnung sein. Die Frequenz muß gleich oder größer als die sogenannte Rayleigh-Frequenz sein, die in entgegengesetzter Beziehung zum Durchmesser  $r$  der Düsenöffnung und in direkter Beziehung zur Oberflächenspannung der Flüssigkeit steht. Hieraus würde folgen, daß eine Düsenöffnung quer zur Strömungssachse bei einer bestimmten Amplitude und Frequenz vibrieren muß, um in bestimmten Tropfen-

bildung zu erreichen. Bei einer bestimmten Amplitude würde eine bestimmte Sprühstrahlausbildung erzielt. Theoretisch ist das möglich aber praktisch würde das bedeuten, daß eine Antriebsmaschine notwendig wäre, die die Vibration mit der gewünschten Amplitude erzeugt, um dadurch eine bestimmte Sprühstrahlausbildung bei Frequenzen gleich oder größer als die Rayleigh-Frequenz zu erhalten. Eine derartige Antriebsmaschine ist aufwendig und teuer und erfordert mehr Energie zum Antrieb als gerechtfertigt wäre, einen solchen Antrieb statt einer herkömmlichen Strahldüse zu verwenden.

Es ist auch schon bekannt geworden, daß Flüssigkeitsstrahlen, ohne eine äußere Energiequelle, quer zur Strahlachse abgelenkt werden können. Zum Beispiel ein Element in dem eine Öffnung oder eine Düse vorhanden ist, kann durch die Energie der durchströmenden Flüssigkeit in Schwingungen versetzt werden. Typisch hierfür wäre eine Turbine, die von einem Strömungsmittel angetrieben wird, das über die Turbinenschaufeln zur Austrittsöffnung fließt. Obwohl hierbei keine äußere Energie erforderlich ist, sind relativ hohe Drücke notwendig, um die erforderlichen Amplituden und Frequenzen in der Größenordnung und größer als die Rayleigh-Frequenz zu erhalten. Die schnelle Bewegung des mechanischen Drehteiles ist außerdem nicht frei von Störungen.

Außerdem sind fluidische Oszillatoren bekannt und werden vielfach benutzt und zwar dort, wo ein periodisch abgelenkter Strahl erforderlich ist. Solche fluidischen Oszillatoren sind in den US-Patentschriften 3 016 066 (Warren), 3 185 166 (Horton u.a.), 3 247 861 (Bauer), 3 432 102 (Turner u.a.) und 3 563 462 (Bauer) beschrieben. Die Arbeitsweise aller fluidischen Oszillatoren ist bestimmt durch eine periodische Ablenkung eines Strahles ohne Verwendung beweglicher Teile. Fluidische Oszillatoren unterliegen damit keinem Verschleiß, durch den die Zuverlässigkeit von pneumatischen Oszillatoren und schwingenden Düsen beeinträchtigt wird. Da außerdem nur der Strahl und nicht

der ganze Körper abgelenkt wird, ist weit weniger Energie zur Ablenkung des Strahles erforderlich als mit den mechanischen Vorrichtungen.

Die Oszillation nach den vorstehenden Warren- und Horton-Patenten sind charakterisiert durch die Anwendung des Grenzschichteffektes (Coanda-Effekt). Diese Oszillatoren besitzen eine Wechselwirkungskammer mit Seitenwänden, die von einer Hauptdüse aus stromab divergieren. Ein Strahl der von der Hauptdüse in die Wechselwirkungskammer eintritt, wird zwischen den Seitenwänden periodisch abgelenkt und zwar entweder durch einen Teil des Hauptstrahles der zurückgeführt (rückgekoppelt) wird, um die Ablenkung zu bewirken oder durch andere Rückkopplungskräfte, die wirksam werden, wenn der Strahl eine Seitenwand berührt. Die Rückkopplungskräfte müssen nicht nur ausreichen den Strahl abzulenken, sie müssen auch die Haftkräfte zwischen dem Strahl und der anliegenden Wand überwinden. Daher kann der Oszillatoren nicht bei Strahldrücken unter einem bestimmten Druckniveau arbeiten. Die Berührung des Strahles an den Seitenwänden während jeder halben Periode einer Schwingung führt zu einer Verweilzeit, während der der Strahl einen kurzen Augenblick stationär bleibt. Der abgegebene Sprühstrahl, der von dem periodisch abgelenkten Strahl hervorholt, enthält größere Strahldichten an einzelnen Stellen des Sprühstrahlbereiches entsprechend den stationären Lagen des Strahles als an anderen Stellen des Sprühstrahlbereichs. Es ist daher mit den bekannten Oszillatoren nicht möglich, die Sprühstrahlverteilung zu steuern oder Sprühstrahlen mit über ihren Querschnitten einheitlich verteilter Flüssigkeit zu erzeugen.

Die Oszillatoren nach den Patenten von Turner u.a. und Bauer sind durch sogenannte Wechselwirkungskammern mit innerer Strömungsrückführung gekennzeichnet. Die Seitenwände dieser speziellen Wechselwirkungskammern divergiert zuerst von der Hauptdüse aus und konvergieren anschließend stromab zu einer Austrittsöffnung. Wenn der Strahl entlang der linken Seitenwand strömt,

wird er nach rechts zurückgelenkt, wobei er durch die Austrittsöffnung tritt. Strömt der Strahl andererseits entlang der rechten Seitenwand, so wird er nach links zurückgelenkt, indem er durch die Austrittsöffnung gelangt. Der Zutritt von Umgebungsflüssigkeit in die Wechselwirkungskammer über die Austrittsöffnung ist relativ beschränkt im Vergleich zu den Oszillatoren nach Horton und Warren, und zwar vor allem deswegen, weil die Austrittsöffnung relativ zum aus der Wechselwirkungskammer austretenden Strahl enger ist als das abstromseitige Ende der Oszillatoren von Horton u.a. und Warren. Die Begrenzung des Zutritts von Umgebungsflüssigkeit reduziert die Grenzschichthaftung des Strahles an den Seitenwänden der Wechselwirkungskammer, so daß weniger Rückkopplungskräfte erforderlich sind, den Strahl abzulenken. Die Oszillation in der Wechselwirkungskammer mit innerer Strömungsrückführung ist daher bei niedrigeren Strahldrücken möglich als bei den Oszillatoren nach Horton u.a. und Warren. Auf Grund dieser und anderer Besonderheiten haben Oszillatoren mit einer Strömungsrückführungs-Wechselwirkungskammer viele praktische Anwendungen gefunden, wie z.B. in Brausen, Rasensprengern, dekorativen Springbrunnen, industriellen Steuerelementen usw. Andererseits sind die bekannten fluidischen Oszillatoren nicht für Sprühstrahlanwendungen geeignet, wie nachstehend näher ausgeführt wird. Das liegt in erster Linie daran, daß in bekannten fluidischen Oszillatoren wesentliche Teile der Umgebungsflüssigkeit oder abgezweigter Teile des Strahles in die Wechselwirkungskammer zurückgeführt werden. Bei den Oszillatoren nach Horton u.a. und Warren gelangt Umgebungsflüssigkeit durch das abstromseitige Ende und die Steuerkanäle in die Wechselwirkungskammer. Bei Horton u.a. wird ein Teil des Strahles in die Wechselwirkungskammer zurückgeführt. Bei Bauer und Turner u.a. wird Umgebungsflüssigkeit und ein rückzirkulierender Anteil des Strahles durch die Rückkopplungskanäle in die Wechselwirkungskammer zurückgeleitet. Die Rückführung von Umgebungsflüssigkeit oder rückzirkulierender Anteil des Strahles in die Wechselwirkungskammer ist aus

verschiedenen Gründen unerwünscht. So verlangen viele Sprühv-  
richtungen, daß der Flüssigkeitsstrahl nicht durch Umgebungs-  
flüssigkeit verschmutzt wird oder daß sich der Flüssigkeits-  
strahl nicht mit Umgebungsflüssigkeit mischt bevor der Strahl  
austritt. Zum Beispiel würde in Farbsprühern eine solche Rü-  
föhrung von Flüssigkeitsanteilen in die Wechselwirkungskammer  
bewirken, daß sich Farbe an den Wänden der Sprühvorrichtung  
ablagert, wodurch die Gefahr einer Verstopfung und eventuell  
einer Beeinträchtigung der Strömung bestände. Die Einführung  
von Luft in die Wechselwirkungskammer beeinflußt den Sprühstrahl  
und die Größe der Tropfen des Sprühstrahles ebenfalls in nach-  
teiliger Weise. Der flüssige Sprühstrahl, der von dem fluidi-  
schen Oszillator abgegeben wird, ist im wesentlichen fächerför-  
mig. Innerhalb der Fächergestalt ist es wünschenswert, daß die  
Flüssigkeit so gleichmäßig wie möglich verteilt wird. Wenn  
Luft zugeführt wird, werden Bereiche mit Luft innerhalb der  
Fächergestalt willkürlich verteilt, wodurch die Gleichförmig-  
keit der Flüssigkeitsverteilung im Sprühstrahl gestört wird.  
Außerdem besitzt ein Gemisch aus Flüssigkeit und Luft eine ande-  
re Viskosität als die Flüssigkeit allein, so daß die Größe der  
Tropfen als eine Funktion der Viskosität hiervon beeinflußt  
wird.

In Aerosolsprühvorrichtungen wird eine Kühl- oder dergleich n  
leicht verdampfbare Flüssigkeit zusammen mit einem Gas aus  
einer Düse gesprüht, wobei die Flüssigkeit ihre Tropfenform bei-  
behält, bis sie in der an die Düse angrenzenden Umgebung zer-  
platzt. Fluidische Elemente sind daher für den Gebrauch mit  
Aerosolen nicht geeignet, da der niedrige statische Druck  
relativ zu der Umgebung in der Wechselwirkungskammer des  
Elementes ein frühzeitiges Zerplatzen der Flüssigkeitstropf n  
in dem Element ermöglichen würde. Das Gleiche gilt für Sprüh-  
vorrichtungen mit einem Schaumzusatz. Auch hier würde die  
Schaumbildung verfrüht in der Wechselwirkungskammer von statt n  
gehen.

Wie schon gesagt, verlangen Sprühvorrichtungen für landwirtschaftliche Zwecke, daß die Tropfen größer sind als etwa 80 Mikron. Eine solche Bedingung kann mit herkömmlichen Oszillatoren nicht ohne weiteres erfüllt werden. Bei den herkömmlich n Oszillatoren stößt der hin- und herschwingende Flüssigkeitsstrahl an entgegengesetzten Wänden des Austrittsbereichs derart an, daß an der Seite, an der der Strahl auftrifft, ein Abriebeffekt entlang der Wand auftritt. Dieser Abriebeffekt führt zu vielen extrem kleinen Tropfen, die wesentlich kleiner sind als die zulässige Tropfengröße.

Eine weitere Schwierigkeit der bekannten fluidischen Oszillatoren betrifft ihre Größe selbst. Wie in der vorstehenden US-Patentschrift 3 563 462 von Bauer angegeben ist, arbeitet der Oszillator mit der inneren Strömungsrückführung nicht mehr, wenn die Wechselwirkungskammer eine Länge besitzt, die geringer ist, als etwa das 19-fache der Düsenweite oder wenn die Austrittsöffnung kleiner ist als etwa das 2-fache der Düsenweite. Da die Düsenweite vielfach bestimmt ist von der gewünschten Charakteristik des abgegebenen Strahles, liegt die minimale Größe des Oszillators vielfach fest, oftmals in einer Größe, die für verschiedene Anwendungen ungeeignet ist.

Ein noch weiterer Nachteil der bekannten Oszillatoren betrifft ihr niedriges Düsenverhältnis, das durch das Verhältnis von Düsentiefe zu Düsenweite bestimmt ist. Dieses Düsenverhältnis beträgt bei den bekannten Oszillatoren üblicherweise zwei. In einigen Anwendungen kann das Verhältnis den Wert eins aufweisen. Für noch niedrigere Düsenverhältnisse sind die bekannten Oszillatoren ungeeignet. Als eine praktische Maßnahme sind kleinere Düsenverhältnisse einfacher und mit geringeren Kosten herzustellen. Düsenverhältnisse von 0,5 oder weniger erlauben die Anwendung von einseitigenätzverfahren, Prägeverfahren und Pantofrästechniken. Solche Verfahren bzw. Techniken sind schwierig, w nn nicht unmöglich in kl inen fluidisch n Ele-

menten anwendbar, die ein größeres Düsenverhältnis besitzt. Es ist daher wünschenswert, möglichst keine Düsenverhältnisse ohne Beeinflussung der Arbeitsweise des Oszillators verwenden zu können. In vielen Sprühvorrichtungen oder anderen Strömungsvorrichtungen ist es wünschenswert, die Strömungsmenge einer Strömung ohne eine Störung der Strömung messen zu können. Zum Beispiel würde ein Strömungsmengenmesser zur Erreichung dieses Ziels ohne Rücksicht auf die Kompressibilität des Arbeitsfluids arbeiten. Ein solcher Apparat würde idealer Weise eine Anzeige abgeben, wenn eine bestimmte Strömungsmenge abgegeben worden ist.

Die eingangs genannte Aufgabe wird im Zusammenhang mit dem angeführten Stand der Technik betreffend die bekannten Oszillatoren insofern weiter präzisiert, als insbesondere ein fluidisch r Oszillator anzugeben ist, der zum Versprühen eines Fluids, insbesondere einer Flüssigkeit geeignet ist, dessen abgegebener Sprühstrahl Tropfen bestimmter Größe besitzt und die Flüssigkeit über den Sprühstrahlquerschnitt gleichmäßig verteilt ist, so daß er zum Beispiel zum Aufsprühen von Farben auf eine Unterlage geeignet ist. Dabei soll der Oszillator auch wesentlich kleinere Abmessungen erhalten können als herkömmliche Oszillatoren. Auch soll der Oszillator zur Massage und zu Reinigungszwecken besonders geeignet sein.

Die Aufgabe wird im wesentlichen dadurch gelöst, daß der Strahl die Austrittsöffnung vollkommen ausfüllt und die Austrittswände je eine Öffnung mit einem anschließenden mit Fluid gefüllten Kanal aufweisen, aus dem beim Vorbeiströmen des Strahles in seiner einen extremen Lage Fluid austritt und entlang der Austrittswand fließt, so daß der Strahl gehindert ist, sich an die Austrittswand anzulegen.

Eine vorteilhafte Ausführung nach der Erfindung mit einer Wchs Wirkungskamm r mit auf- und abströms itig n Ein- bzw.

Austrittsöffnungen und ausgebuchteten Seitenwänden, die von der aufstromseitigen Eintrittsöffnung aus zunächst divergieren und zur abstromseitigen Austrittsöffnung hin konvergieren, mit einer Düse zur Abgabe eines Strahles durch die Eintrittsöffnung in die Wechselwirkungskammer, einem Austrittsbereich im Anschluß an die Austrittsöffnung der Wechselwirkungskammer mit von der Austrittsöffnung aus divergierenden Seitenwänden und mit beiderseits der Seitenwände der Wechselwirkungskammer vorhandenen Steuerkanälen, die sich jeweils zwischen Öffnung n in den divergierenden Seitenwänden des Austrittsbereichs und Öffnungen in den Seitenwänden am aufstromseitigen Ende der Wechselwirkungskammer erstrecken, ist erfindungsgemäß derart ausgebildet, daß die Weite des Austrittsendes nur wenig größer als die engste Weite der Hauptdüse ist, so daß der austretende Strahl die Wechselwirkungskammer vom Austrittsbereich abschließt, und daß die axiale Länge der Wechselwirkungskammer derart relativ kurz und der Querschnitt der Steuerkanäle derart relativ klein gewählt sind, daß der positive statische Druck am Eintrittsende der Wechselwirkungskammer den statischen Druck im Austrittsbereich übersteigt und Wasser in den Steuerkanälen nur in Richtung zum Austrittsbereich strömt.

Weitere vorteilhafte Ausbildungen nach der Erfindung sowie Weiterbildungen der Erfindung können den Unteransprüchen und der nachfolgenden Beschreibung entnommen werden.

Die Erfindung ist anhand von Ausführungs- und Anwendungsbeispielen und anhand von Diagrammen mehr im einzelnen erläutert und beschrieben. In den zugehörigen Zeichnungen zeigt:

Fig. 1 eine Ansicht eines ersten Ausführungsbeispiels nach der Erfindung,

Fig. 2 den arbeitenden fluidischen Oszillatator nach Fig. 1 in einer bestimmten Strömungsphase unter bestimmten Druckbedingungen,

Fig. 3 den arbeitenden fluidischen Oszillatoren nach Fig. 1 in einer bestimmten Strömungsphase unter gegenüber Fig. 2 veränderten Druckbedingungen.

Fig. 4 eine Ansicht eines zweiten Ausführungsbeispiels nach der Erfindung.

Fig. 5 eine graphische Darstellung eines Sprühbildes während des Betriebes eines fluidischen Oszillators nach der Erfindung.

Fig. 6 eine graphische Darstellung eines weiteren Sprühbildes während des Betriebes eines gegenüber Fig. 5 abgewandelten fluidischen Oszillators nach der Erfindung,

Fig. 7 eine graphische Darstellung eines noch weiteren Sprühbildes, während des Betriebes eines gegenüber Fig. 5 und 6 abgewandelten fluidischen Oszillators nach der Erfindung,

Fig. 8a, 8b Drauf- und Seitenansichten eines fluidischen Oszillators nach der Erfindung zur Messung des Strömungsflusses,

Fig. 9a und 9b Drauf- und Seitenansicht eines erfindungsgemäßen Strömungsfluß- bzw. Strömungsmengenmessers in einer beispielsweise Ausführung mit einem fluidischen Oszillator entsprechend z.B. Fig. 1,

Fig. 10a eine perspektivische Darstellung einer beispielsweise Wasserbürste in Verbindung mit einer erfindungsgemäßen Vorrichtung,

Fig. 10b einen Schnitt nach den Linien 10b-10b in Fig. 10a,

Fig. 11 eine schematische Darstellung einer beispielsweise Farbsprühhanlage in Verbindung mit erfindungsgemäßen Vorrichtungen,

Fig. 12 eine schematische Darstellung in der Draufsicht eines beispielsweise Gerätes in Verbindung mit erfindungsgemäßen Vorrichtungen zur Anwendung in der Landwirtschaft,

Fig. 13 eine Seitenansicht eines teilweise aufgebrochenen Sprühapparates in Verbindung mit einer erfindungsgemäßen Vorrichtung,

Fig. 14 eine perspektivische Darstellung eines weiteren Sprühapparates mit einer erfindungsgemäßen Vorrichtung,

Fig. 15 eine Draufsicht auf einen erfindungsgemäßen Oszillatör für eine besondere Anwendung,

Fig. 16 eine Draufsicht auf einen weiteren erfindungsgemäß n Oszillator,

Fig. 17 eine Draufsicht auf einen gegenüber Fig. 16 abgewandelten erfindungsgemäßen Oszillator,

Fig. 18 eine perspektivische Darstellung eines Teiles in Fig. 16,

Fig. 18a eine perspektivische Darstellung eines Teiles in Fig. 17,

Fig. 19 eine perspektivische Darstellung eines von dem Oszillator nach Fig. 16 abgegebenen Strahlabschnittes,

Fig. 20 eine perspektivische Darstellung eines von dem Oszillatör nach Fig. 17 abgegebenen Strahlabschnittes und

Fig. 21 eine Draufsicht auf einen noch weiteren fluidischen Oszillatör nach der Erfindung.

Fig. 1 zeigt einen erfindungsgemäßen fluidischen Oszillatör 10, der durch verschiedene Kanäle und Hohlräume bestimmt ist. Üblicherweise bilden die Kanäle und Hohlräume Vertiefungen in einer Basisplatte 11, die von einer flachen, nicht gezeichneten Deckplatte abgedeckt wird. Die Platte 11 kann jedoch auch eine Zwischenplatte mit durchgehenden Kanälen und Öffnung n sein, die beidseitig von ebenen Boden- und Deckplatten abgedeckt werden.

Eine zu ihrer Mündung hin konvergierende Düse 12 ist an eine Strömungsmitteldruckquelle angeschlossen zur Abgabe eines Strahles in das aufstromseitige (untere) Ende einer Wechselwirkungskammer 13. Die Wechselwirkungskammer ist bestimmt durch linke und rechte Seitenwände 15 und 16, die zunächst von der Düse 12 divergieren und dann zur Austrittsöffnung 14 der Wechselwirkungskammer hin konvergieren. Die Düse 12 und die Austrittsöffnung 14 liegen mit ihren Achsen auf der Mittellinie des Oszillators 10. An die Austrittsöffnung 14 schließt unmittelbar ein Austrittsbereich 17 an, der durch linke und rechte Austrittswände 18 und 19 bestimmt ist, die von der Austrittsöffnung aus in Strömungsrichtung nach außen divergieren. Ein linker Steuerkanal 21 erstreckt sich zwischen dem Austrittsbereich 17 und dem aufstromseitigen Ende der Wechselwirkungskammer 13 mit einer Öffnung 23 in der linken Austrittswand 18 und einer Öffnung 24 in der linken Seitenwand 15. Ein entsprechender rechter Steuerkanal 22 erstreckt sich zwischen dem Austrittsbereich 17 und dem aufstromseitigen Ende der Wechselwirkungskammer 13 mit einer Öffnung 25 in der rechten Austrittswand 19 und einer Öffnung 26 in der rechten Seitenwand 16.

Die aufstromseitigen Begrenzungswände der Öffnungen 24 und 26 schließen unmittelbar an die Öffnungsränder der Düse 12 an. Die abstromseitigen Öffnungsränder der Öffnungen 24 und 26 sind gegenüber den aufstromseitigen Rändern um gleiche Beträgen bezüglich der Mittelachse etwas nach außen versetzt, so daß die Düsenweite W der Düse an ihrem Austrittsende kleiner ist als der Abstand B der abstromseitigen Begrenzungsränder der Öffnungen 24 und 26.

Wird in den fluidischen Oszillatator 10 von der Düse 12 ein Fluidstrahl abgegeben, so schwingt dieser zwischen extremen Lagen entlang den Seitenwänden 15 und 16 hin und her. Dieser Oszillationsvorgang wird nachfolgend mehr im einzelnen beschrieben:

Fließt der Strahl angenommen entlang der Seitenwand 15, so wird der Strahl im oberen Ende nach rechts geleitet und tritt durch die Öffnung 14 in einer Richtung im wesentlichen entlang der rechten Austrittswand 19 aus. Fließt der Strahl dagegen entlang der rechten Seitenwand 16 wird der Strahl im oberen Ende nach links abgelenkt und tritt durch die Öffnung 14 im wesentlichen in Richtung der linken Austrittswand 18 aus. Zwischen diesen beiden extremen Lagen schwingt der Strahl in dem Austrittsbereich 17 hin und her. Die Arbeitsweise des erfundungsgemäßen Oszillators gegenüber den herkömmlichen Oszillatoren besteht vor allem darin, daß weder Strömungsteile des Hauptstrahles noch angrenzendes Fluid durch die Steuerkanäle 21 und 22 in die Wechselwirkungskammer 13 zurückgeführt wird. Wenn der Hauptstrahl entlang der Seitenwand 15 zur rechten Austrittswand 19 strömt, reißt er Fluid aus dem Steuerkanal 22 mit und vereinigt sich mit diesem. Währenddessen bleibt der linke Steuerkanal 21 mit Fluid gefüllt, das aus dem aufstromseitigen Ende der Wechselwirkungskammer stammt.

Dadurch, daß in die Steuerkanäle 21, 22 vom Austrittsbereich 17 aus kein Fluid eintritt, ist am aufstromseitigen Ende der Wechselwirkungskammer 13 ein statischer Druck vorhanden, der höher ist als der statische Druck im Austrittsbereich 17.

Die Druckdifferenz wird durch das Zusammenwirken verschieden r Faktoren bewirkt. Hierzu gehört die Weite T der Austrittsöffnung 14 der Wechselwirkungskammer, die nur etwas weiter ist als die Düsenweite W der Düse 12, so daß der austretende Hauptstrahl die Wechselwirkungskammer 13 von dem Austrittsbereich 17 vollständig abschließt. Zu den Faktoren gehört außerdem die axiale Länge D der Wechselwirkungskammer 13 vom Austrittsende der Düse 12 zur Austrittsöffnung 14. Diese Länge D ist wesentlich kürzer als die bekannter Oszillatoren. Außerdem ist die Weite X der Steuerkanäle 21, 22 schmäler als die der Düse 12. Bezuglich der Weite T und X ist angenommen, daß die Tiefe H (Fig. 1a) der Kanäle konstant ist. Ist das jedoch in besonderen Fällen nicht der Fall, dann sind die Querschnittsflächen der Austrittsöffnung 14 und der Kanäle 21, 21 zu berücksichtigen. Wenn alle Kanäle des Oszillators 10 die gleiche Tiefe (senkrecht zur Zeichenebene) aufweisen und wenn die Weite der Düse 12 an ihrer engsten Stelle mit W bezeichnet ist, dann gelten folgende Beziehungen für einen erfindungsgemäßen Oszillator (der jedoch nicht auf diese Bedingungen beschränkt ist)

$$T = 1,1 W \text{ bis } 1,7 W$$

$$D = 4W \text{ bis } 9W.$$

Beträchtliche Abweichungen von diesen Dimensionen existieren vor allem für Sprühanwendungen bezüglich der Zurücksetzung B der aufstromseitigen Enden der Seitenwände 15 und 16, der Breite der Wechselwirkungskammer quer zu ihrer Längsachse und der Weite der Öffnungen 24, 26. In einem Ausführungsbeispiel 1, das zufriedenstellende Ergebnisse zeigte, war W = 1,1 mm, T = 1,35 mm, D = 7,3 mm, X = 0,65 mm, B = 1,4 mm. Die große Breite (Weite) der Wechselwirkungskammer 13 betrug 4,32 mm, die Weite der Öffnungen 24 war 0,8 mm und die Tiefe der Kanäle betrug einheitlich 0,5 mm. Dieser erfindungsgemäße Oszillator arbeitete mit Wasser in einem Wasserdrukdbereich (p) von 1,0 bis 160 psig und mit einer Frequenz (f) in Herz nach der Beziehung

$$f = 54,4 \sqrt{p} \text{ od } r$$
$$f = 1700 Q,$$

wobei  $Q$  gemessen in gpm durch den Oszillator fließt. Der selbe Oszillator mit Luft betrieben, besaß eine Frequenz in Herz, die im wesentlichen der Beziehung  $f = 500 Q$  folgte. Wesentliche größere Oszillatoren mit ähnlichen Dimensionen und geringerer Arbeitsfrequenz wurden ebenfalls konstruiert und getestet. Für einige Anwendungen kann es wünschenswert sein, für verschiedene Kanäle des Oszillators verschiedene Kanaltiefen zu haben. Unter solchen Umständen würden sich die verschiedenen Weiten  $W$ ,  $T$  und  $X$  ändern, um Querschnittsbeziehungen entsprechend den vorstehenden Beziehungen zu erhalten.

Eine bedeutsame Eigenschaft des erfindungsgemäßen Oszillators besteht darin, daß dieser sehr viel kleiner als herkömmliche Oszillatoren gebaut werden kann, weil das Düsenverhältnis von der Tiefe  $H$  zur Weite  $W$  der Düse 12 (Fig. 16) im Beispielsfalle also  $H/W = 0,5/1,1 = 0,45$  ist. In herkömmlichen Oszillatoren und in fluidischen Elementen allgemein betrug ein entsprechendes niedrigstes Verhältnis, das noch praktikabel war, 1,0.

Es wurde mit Erfolg ein erfindungsgemäßer Oszillator getestet, der ein entsprechendes Düsenverhältnis von  $H/W = 0,25$  besaß. Die Bedeutung dieses sehr kleinen  $H/W$ -Verhältnisses beruht in der Tatsache, daß einfachere und weniger aufwendige Fabrikationstechniken zur Herstellung der Oszillatoren möglich werden als bei den bekannten Oszillatoren.

Das Ausbleiben eines Zuflusses zur Wechselwirkungskammer 13 während der Tätigkeit des erfindungsgemäßen Oszillators ist von großer praktischer Bedeutung für viele Anwendungen mit Flüssigkeiten als Strömungsmittel (Fluid). Wie am besten in den Fig. 2 und 3 für ein mit einer Flüssigkeit arbeitenden Oszillator nach der Erfindung gezeigt ist, vereinigt sich Flüssigkeit aus dem Steuerkanal 21 mit dem entlang der linken Austrittswand strömenden Flüssigkeitsstrahl. Diese Vereinigung

des Flüssigkeitsstrahles mit der Flüssigkeit aus dem Steuerkanal 21 verhindert es, daß der Strahl direkt an der Austrittswand 18 entlang strömt. Der Ausfluß aus den Steuerkanälen 21, 22 führt zu einem stützkissenartigen Effekt, der den vorbeiströmenden Strahl etwas ablenkt. Je weniger der Strahl die Austrittswände berührt, um so geringer ist der Anteil der unerwünschten kleinen Tröpfchen und um so größer ist die Einheitlichkeit der Tropfengröße, in die sich der hin- und herschwingende Strahl am Ausgang des Oszillators auflöst. Das Ausströmen von Flüssigkeit aus den Steuerkanälen beim Vorbeiströmen des austretenden Strahles unterbindet das Eintreten von Flüssigkeitsanteilen des Strahles oder benachbarten Flüssigkeitsanteilen in die Wechselwirkungskammer. In vielen bekannten fluidischen Oszillatoren hängt die Funktion des Oszillators ab von dem Zufluß von Anteilen des Strahles oder benachbarter Flüssigkeitsmengen in die Wechselwirkungskammer über die Steuer- oder Rückkopplungskanäle. Ein solcher Rückfluß ist bei vielen Sprühstrahlanwendungen unerwünscht. Der erfundungsgemäße Oszillator 10 vermeidet jedoch diese Schwierigkeiten.

Die Funktion des Oszillators nach Fig. 10 wird unter Bezugnahme auf Fig. 2 wie folgt beschrieben: Flüssigkeit wird unter Druck der Düse 12 zugeführt und der Oszillator ist frei von Flüssigkeit in Luftumgebung. Der Flüssigkeitsstrahl der von der Düse 12 abgegeben wird, wird anfangs gerade durch die Wechselwirkungskammer 13 hindurch und durch die Austrittsöffnung 14 hindurchgeleitet. Der relativ enge Querschnitt der Austrittsöffnung 14 führt dazu, daß äußere Teile des Strahl s abgetrennt und entlang den Seitenwänden 15 und 16 zurückgeführt werden, wo sie zu beiden Seiten des Strahles in der Wechselwirkungskammer Wirbel bilden. Auf Grund von leichten Störungen in der Symmetrie des Oszillators und ihren Einflüssen auf den Strahl wird der Wirbel auf der einen Seite des Strahles stärker werden als auf der anderen Seite, wodurch der Strahl zur einen Seite der Wechselwirkungskammer abgelenkt wird (im Beispiel zur rechten Seitewand 16 in Fig. 2).

609817/1187

-18-

ORIGINAL INSPECTED

Der verbleibende Wirbel erhöht weiter den Druck in der Wechselwirkungskammer 13, die von dem austretenden Strahl vollkommen von dem Austrittsbereich 17 abgetrennt wird. Die Flüssigkeit füllt die Wechselwirkungskammer voll mit Flüssigkeit an und der statische Druck in der Wechselwirkungskammer geht auf ein höheres Niveau als in dem Austrittsbereich 17, woraufhin Flüssigkeit beginnt aus der Wechselwirkungskammer in die Steuerkanäle 21, 22 einzutreten. Der Strahl wird inzwischen von der rechten Seitenwand 16 in Richtung der linken Austrittswand 18 geleitet. Flüssigkeit wird aus dem Steuerkanal 21 durch den vorbeiströmenden Strahl angesaugt bzw. mitgerissen und dem Strahl im Bereich der linken Seitenwand 18 zugemischt, wobei verhindert wird, daß der Strahl an der Seitenwand 18 zur Anlage kommt. Dieser Vorgang ist in Fig. 2 dargestellt, in der die dicken Pfeile den Fluß des Strahles darstellen und dünne Pfeile unter anderem die Strömung der Flüssigkeit in den Steuerkanälen verdeutlicht. In der in Fig. 2 gezeichneten Lage des Stromes bewirkt dieser, daß die Strömungsmenge der Flüssigkeit durch den Kanal 21 erhöht wird und zwar auf Grund der Ansaug- oder Mißreißwirkung des über die linke Steueröffnung hinwegströmenden Strahles. Dieses Ansaugen verringert den Druck in dem linken Steuerkanal 21 relativ zu dem im rechten Steuerkanal 22, der mit Flüssigkeit gefüllt ist und demgegenüber zu diesem Zeitpunkt keine Saugwirkung stattfindet. Das Druckdifferential in den Steuerkanälen wirkt sich auf das aufstromseitige Ende der Wechselwirkungskammer aus und führt dazu, daß der Strahl quer zur Wechselwirkungskammer abgelenkt wird, so daß der Strahl nun entlang der linken Seitenwand 15 strömt und in Richtung der rechten Austrittswand 19 gelenkt wird.

Während der Ablenkung schwenkt der Strahl über den Austrittsbereich 17 von links nach rechts. Bei Annäherung an die rechte Austrittswand 18 beginnt der Strahl Flüssigkeit aus dem rechten Steuerkanal 22 anzusaugen, während die Ansaugung von Flüssigkeit aus dem linken Steuerkanal 21 aufhört. Der Druck auf der

rechten Seite des Strahles wird daher etwas niedriger als auf der linken Seite, so daß der Strahl erneut abgelenkt wird. Das aufeinanderfolgende Ablenken des Strahles führt zu einem hin- und herschwingen bzw. -schwenken des Strahles quer über dem Austrittsbereich 17.

Es wurde festgestellt, daß die Strömungsbedingungen in dem einer Ansaugung nicht ausgesetzten Steuerkanal (d.h. der rechte Steuerkanal 22, wenn der Strahl entlang der linken Austrittswand 18 abströmt bzw. der linke Steuerkanal 21, wenn der Strahl entlang der rechten Austrittswand 19 abströmt) abhängig sind von dem Druck in der Flüssigkeit, die der Mise 12 zugeführt wird. Für niedrige und mittlere Drücke bildet die Flüssigkeit in dem nicht angesaugten Steuerkanal eine konvexe Wölbung, die von der Öffnung 25 bzw. 23 in den Austrittsbereich nach außen hervortritt, wie Fig. 2 in der Öffnung 25 zeigt. Bei hohen Drücken wird die Flüssigkeitswölbung konkav, wie Fig. 3 in der Öffnung 23 zeigt. In allen Fällen bleiben aber die unangesaugten Steuerkanäle mit Flüssigkeit gefüllt und verhindern jeden Rückfluß in die Wechselwirkungskammer 13. Bei einem vollen Schwingungszyklus des Strahles fließt aus beiden Steuerkanälen 21, 22 ein Flüssigkeitsanteil nach außen in den Austrittsbereich.

Die relativ kurze Ausbildung der Wechselwirkungskammer 13, d.h. die geringe Länge des Durchmessers D ist besonders wichtig im Hinblick auf die Tatsache, daß bei bekannten Oszillatoren mit kurzen Wechselwirkungskammern eine Oszillation oder sogar eine ausgeprägte Ablenkung nicht erreichbar ist. Der Strahl in dem erfundungsgemäßen Oszillator schwingt nicht nur innerhalb einer kurzen Wechselwirkungskammer, sondern schwingt mit einer Frequenz, die direkt proportional zum Strömungsfluß durch den Oszillator ist. Diese Eigenschaft wird nachfolgend näher erläutert:  
Das Vorhandensein eines höheren Druckes im aufstromseitigen End der Wechselwirkungskammer 13 relativ zum Austrittsbereich 17 ist ebenso entgegengesetzt zu den Verhältnissen bei den

bekannten Oszillatoren. Die meisten bekannten Oszillatoren benötigen einen Rückfluß in die Wechselwirkungskammer um die Ablenkung des Strahles zu bewirken. Eine solche Rückkopplung erfordert einen niedrigen Druck am aufstromseitigen Ende der Wechselwirkungskammer. Außerdem haben zu hohe Drücke in der Wechselwirkungskammer zu einer Verhinderung der Strahlablenkung geführt. Bei der Erfindung ergibt sich dagegen eine hochfrequente Oszillation. Außerdem ist es dieser erhöhte Druck der bewirkt, daß Flüssigkeit durch die Steuerkanäle nach außen gelangen kann. Das ist ein entscheidender Aspekt des erfindungsgemäßen Oszillators 10.

In Fig. 4 ist eine andere Ausführungsform eines erfindungsgemäßen Oszillators 10a dargestellt, der einen parallelwandigen Düsenaustritt 20 im Gegensatz zu dem kragenförmig verengten Austritt der Düse 12 des Oszillators 10, besitzt. Alle anderen Teile sind im wesentlichen mit den entsprechenden Teilen des Oszillators 10 gleich und sind mit den gleichen Bezugssymbolen versehen. Auf Grund der andersartigen Gestalt des Düsenaustrittes weichen die Abmessungen für W, D, T und X etwas von denen des Oszillators 10 ab. So ist der Querschnitt des Strahles im Abstand von etwa W/2 stromabwärts von der kragenförmig verengten Düse 12 in Fig. 1 etwas schmäler als der Düsenquerschnitt selbst. Diese Einschnürung des Strahles ist ein bekanntes Phänomen. Bei dem parallelwandigen Austrittsbereich der Düse 20 in Fig. 4 tritt dieses Phänomen nicht auf. Wenn daher die Düsen 20 und 12 denselben Querschnitt aufweisen, gibt die kragenförmig verengte Düse 12 einen engeren Strahl ab als die parallelwandige Düse 20. Daher müssen die Abmessungen für W, D, T und X im Oszillator 10a entsprechend geändert sein. Wichtig ist, daß die Abmessungen so bestimmt sind, daß während des Betriebes der statische Druck am aufstromseitigen Ende der Wechselwirkungskammer 13 positiv ist relativ zu dem statischen Druck im Austrittsbereich 17, so daß kein Fluid durch die Steuerkanäle in die Wechselwirkungskammer gelangt.

Abhängig von den Abmessungen der verschiedenen Teile des Oszillators werden verschiedenartige Strahl-formen abgegeb n. So wie der Strahl hin- und herschwingt, bricht dieser in Tropfen von im wesentlichen gleicher Größe auf. Die Größe der Tropfen hängt von einer Anzahl von Faktoren ab, einschließlich der Größe des Oszillators, seiner Frequenz usw. Diese Tropfen folgen Sprühkurven, die mehr oder weniger auseinanderfächern. Die Seiten des Sprühbereichs werden durch die Winkel der Austrittswände 18 und 19 des Oszillators bestimmt. Die Verteilung der Tropfen in dem Sprühbereich ist abhängig von den Abmessungen des Oszillators, und zwar in erster Linie von der Weite T der Austrittsöffnung 14. In Fig. 5 ist ein Sprühbereich illustriert, in dem die Tropfen entlang einer sinusförmigen Kurve verteilt sind, wobei eine Sinusschwingung einer Hin- und Herschwingung des Strahles im Austrittsbereich entspricht. In Fig. 6 handelt es sich um einen spitzwinkeligen Kurvenzug und in Fig. 7 ist es ein trapesartiger Kurvenzug.

In jedem Falle liegt der Sprühbereich zwischen gleichen Winkeln, wobei angenommen werden kann, daß die Austrittswände 18 und 19 in allen drei Fällen die gleichen Winkel einschließen. Die Unterschiede liegen in der Verteilung der Tropfen innerhalb der Sprühbereiche und hängen von der Art der Schwingung des Strahles im Oszillator 10 ab. Der spitzwinkelige Kurvenverlauf resultiert aus einer Schwingung des Strahles, der in seinen extremen Schwingungslagen praktisch nicht verweilt und so gut wie keine Änderung der Ablenkungsgeschwindigkeit während der Richtungsänderung zeigt. Eine derartige Schwingung ergibt sich, wenn die Weite der Austrittsöffnung 14 in ihrem engsten Zulässigkeitsbereich liegt, wie er vorstehend angegeben worden ist. Die sinusförmige Schwingung nach Fig. 5 wird bei einer Strahlschwingung erreicht, bei der der Strahl ebenfalls an den Umkehrstellen praktisch nicht verweilt, aber die Schwingung bei der Annäherung an die Umkehrstellen langsamer wird. Eine derartige Schwingung ergibt sich, wenn die Weite der Austrittsöffnung innerhalb ihres mittleren Zulässigkeitsberei

liegt. Die trapezförmige Schwingung nach Fig. 7 ergibt sich bei einer Strahlwachwingung, die an den Umkehrstellen etwas verweilt. Das heißt, der Strahl bleibt für eine bestimmte Zeitdauer in seinen extremen Lagen stationär. Diese Schwingung wird erzielt, wenn die Weite der Austrittsöffnung 14 ihren weitesten Bereich aufweist. In einem Beispielsfall wurde bei einem erfindungsgemäßen Oszillatator lediglich die Weite  $T$  der Austrittsöffnung verändert. Dabei wurde bei einer Weite von  $T = 1,2$  W die spitzwinkelige Schwingungsform nach Fig. 6, bei einer Weite von  $T = 1,3$  W die sinusförmige Schwingungsform nach Fig. 5 und bei einer Weite von  $T = 1,7$  W die trapezförmige Schwingungsform erzielt, wobei die letztere Weite die größte Weite innerhalb des zulässigen Bereiches für die Öffnungsweiten der Austrittsöffnung des erfindungsgemäßen Oszillatators darstellt.

Die spitzwinkelige Schwingungsform nach Fig. 6 zeigt die größte Gleichförmigkeit der Verteilung der Tropfen innerhalb des Schwingungsbereichs. Das folgt aus der konstanten Schwingungsgeschwindigkeit über einen vollständigen Zyklus. Die sinusförmige Schwingung ist weniger gleichförmig bezüglich ihrer Tropfenverteilung, da der Strahl in der Nähe der Umkehrstellen langsamer wird. Die trapezförmige Schwingung zeigt die größte Ungleichförmigkeit der Tropfenverteilung mit einem verhältnismäßig unproportionalen Flüssigkeitsanteil nahe der Schwingungsbereichsgrenzen. Die trapezförmige Schwingung erscheint als ein kurzes Verweilen der Flüssigkeit entlang den Schwingungsbereichsgrenzen. Eine solche Schwingungsform ist vielfach nicht wünschenswert für Anwendungen als Flüssigkeitssprüher. Hierfür werden Schwingungsformen bevorzugt, die eine einheitliche oder nahezu einheitliche Tropfenverteilung aufweisen und die für die Erfindung besonders wesentlich ist.

Ein erfindungsgemäßer Oszillatator ist besonders vorteilhaft verwendbar zum Versprühen von Farbe. Eine Vorrichtung zum Versprühen von Farbe, die zw i Oszillat r n 30, 31 nach d r

609817/1187

ORIGINAL INSPECTED

-23-

Erfindung verwendet, ist in Fig. 11 dargestellt. Hierbei kann es sich vorteilhafterweise um Oszillatoren gemäß Fig. 10 und 10a handeln. Die beiden Oszillatoren sind an einem Bügel 32 gehalten und derart angeordnet, daß die Strahlablenkungen der beiden Oszillatoren in einer Ebene liegen (d.h. die Ebenen, in denen die Flüssigkeit versprüht wird). Der Bügel 32 ist senkrecht zu den Sprühebenen langsam von einem Antrieb verschiebbar, der schematisch mit Block 33 angegeben ist. Flüssige Farbe wird über die Leitung 34 zu beiden Oszillatoren 30 und 31 geleitet. Die ganze Einrichtung ist derart angeordnet, daß die versprühte Farbe auf die Fläche 35 aufgetragen wird, die mit Farbe überzogen werden soll. Im Beispielsfalle liegt die Fläche 35 senkrecht zu den von den Oszillatoren abgegebenen Sprühebenen. Die Oszillatoren 30 und 31 sind so angeordnet, daß die von ihnen abgesprühte Farbe in unmittelbar anschließenden Bereichen auf die Fläche auftrifft. Wenn jeder Sprühbereich eine gleichförmige Verteilung der Farbtröpfchen aufweist, bilden die zwei Sprühbereiche zwei gleiche Farbstreifen, von der gleichen Farbmenge, in Abhängigkeit von der Bewegung der Oszillatoren parallel zur Fläche 35 durch die Antriebsvorrichtung 33. Es ist zu bemerken, daß jeder Oszillator an getrennten Leitungen angeschlossen sein kann, um z.B. zwei verschiedene Farbstreifen nebeneinander auftragen zu können. Es ist klar, daß jede beliebige Anzahl von Oszillatoren in einer Farbsprühvorrichtung nach dem vorstehenden Prinzip angeordnet werden können. Wesentlich ist bei der Vorrichtung nach Fig. 11 die Tatsache, daß die Farben bei Drücken abgesprüht wird, die (z.B. um den Faktor 10) geringer ist als die Drücke, die aufgewendet werden müssen, um die Farbe aus herkömmlichen Spritzdüsen zu versprühen. Bei geeigneter Wahl der Größe der Oszillatoren und der Schwingstrahlfrequenz lassen sich bestimmte Größen von Farbtropfen erzielen, die für ein Aufsprühen von Farbe besonders vorteilhaft sind. Wesentlich ist dabei, daß die Größe der Tropfen über den gesamten Sprühbereich gleich ist, wobei die Bildung von feinen Tröpfchennebeln vermieden wird, die zu ungleichmäßigem Farb-

auftragung führen. Außerdem kann die gewünschte Tropfenverteilung (entsprechend Fig. 5 und 6) gewählt werden, um an verschiedenen Stellen des Farbstreifens die gewünschte Stärke der aufgetragenen Farbe erzielen zu können.

Die Technik nach Fig. 11 ist auch für elektrostatisches Aufsprühen geeignet, wobei die Farbe entgegengesetzt von der zu färbenden Fläche 35 polarisiert ist. Der Vorzug besteht bekanntlich darin, daß die Farbtropfen elektrostatisch von der Fläche angezogen werden, so daß wenige Tropfen die Fläche verfehlten. Das elektrostatische Aufsprühen von Farben in Kombination mit einer Versprühung der Farbe zu Tropfen einheitlicher Größe mit einem erfindungsgemäßen Oszillator erhöht die Wirksamkeit einer Vorrichtung nach Fig. 11. Mit oder ohne einem elektrostatischen Verfahren besteht der wesentliche Vorteil der Vorrichtung nach Fig. 11 darin, die gewünschte Tropfenverteilung und ausreichend kleine Tropfen gleicher Größe ohne Bildung von Tropfennabelnanteilen bei Drücken zu erzielen, die wesentlich niedriger als bei vergleichbaren, herkömmlichen Vorrichtungen sind.

Ähnliche Vorteile ergeben sich bei dem Gebrauch eines erfindungsgemäßen Oszillators in Vorrichtungen zum Versprühen von Flüssigkeiten in der Landwirtschaft, wie Fig. 12 zeigt. Die Sprühvorrichtung nach Fig. 12 umfaßt ein Fahrzeug, z.B. einen Traktor 40, der einen Flüssigkeitsbehälter für Düngemittel, Pestizide oder dergleichen aufweist, das in Bahnen auf eine Feldfrucht 41 gesprüht werden soll. Eine Pumpe 42 auf dem Fahrzeug 40 dient zur Förderung der Flüssigkeit durch Leitungen 43 zu beiden Seiten des Fahrzeuges, die in quer verlaufenden Verteilerrohren 44 enden. An den Verteilerrohren sind nicht dargestellte, erfindungsgemäße Oszillatoren nebeneinander angebracht. Die Oszillatoren sind so angebracht, daß die von ihnen abgegebenen Sprühbereiche aneinanderschließen, um eine vollständige und gleichmäßige Besprühung des landwirtschaftlich nützlichen Gutes zu erzielen, wie es schematisch in Fig. 12 angedeutet ist.

Wie im Falle des Versprühens einer Farbe sind die Oszillatoren nach der Erfindung in der Lage, die Flüssigkeit bei wesentlich niedrigeren Drücken zu versprühen als das mit den herkömmlichen Vorrichtungen möglich war. Dabei geben auch hier die Oszillatoren erfindungsgemäß Tropfen bestimmter Größe ab, ohne daß Tropfen kleinerer Größen vorhanden sind. Es ist ein Erfordernis von vielen landwirtschaftlichen Sprühgeräten, daß die Tropfengröße nicht kleiner als etwa 80 Mikron ist. Erfindungsgemäß Oszillatoren lassen sich genügend groß angeben, um diese Bedingung zu erfüllen. Außerdem verhindert der erfindungsgemäß Oszillator, anders als die bekannten Vorrichtungen für landwirtschaftliche Sprühzwecke, daß der austretende Strahl unmittelbar entlang den Austrittsflächen strömt, was durch die Zufuhr von Flüssigkeit aus den Steuerkanälen verhindert wird.

Durch Vermeiden des Auftreffens des Strahles auf die Austrittswandungen des Austrittsbereiches wird auch hier die Bildung von sehr kleinen Tröpfchen vermieden, die Vernebeln können und zum Besprühen von Pflanzen ungeeignet sind, zumal sie außerdem vom Wind viel zu leicht abgetrieben werden und an unerwünschten Orten zum Niederschlag kommen können.

Ein besonderer Vorteil des erfindungsgemäß Oszillators z.B. nach Fig. 1 ist darin zu sehen, daß seine Frequenz über einen besonders weiten Bereich der Strömungsdurchflußmenge linear ist. Der Oszillator nach der US-Patentschrift 3 563 462 zum Beispiel zeigt eine nicht lineare, im wesentlichen parabolisch Abhängigkeit der Frequenz von der Strömungsdurchflußmenge. Die lineare Charakteristik des erfindungsgemäß Oszillators erlaubt die Messung der Frequenz zur Bestimmung der Durchflußmenge eines Strömungsmittels. So kann die Frequenz vorteilhaftweise gemessen werden, ohne in den Strömungsfluß einzutragen oder ihn anders zu beeinträchtigen, so daß dieser im vollen Umfange für den vorgesehenen Zweck zur Verfügung steht. Der erfindungsgemäß Strömungsdurchflußmesser 50 nach Fig. 9a und 9b enthält eine Eingangsleitung 51 in Verbindung

mit dem Oszillator 52 nach der Erfindung, der seinen schwingenden Strahl in das relativ weite aufstromseitige Ende einer Meßkammer 53 abgibt, die sich stromab verjüngt und an eine Ausgangsleitung 54 anschließt. Der Strömungsdurchflussmesser 50 wird durch die aufeinanderliegenden Flächen 55, 56 zweier Platten 55 und 56 gebildet, wobei die Kanäle 51 und 54 und die Kammer 53 jeweils teilweise in beiden Platten vorgesehen sind, während in der einen Platte (hier die Platte 56) nur der Oszillator 52 eingearbeitet ist. Es ist klar, daß der Strömungsdurchflussmesser auch in anderer Weise abhängig von der Größe des Oszillators aufgebaut sein kann, der dann auch teilweise in der einen und in der anderen Platte geformt sein könnte.

Ein piezoelektrischer Umformer 57 befindet sich in einer Öffnung in der Platte 55 im Bereich der Kammer 53. Der Umformer 57 enthält zwei elektrische Leitungen 58 in Verbindung mit einem elektrischen Meßgerät zur Anzeige einer der Frequenz des Oszillators und damit der Durchflussmenge proportionalen Spannung. Wie bekannt, gibt der piezoelektrische Umformer ein elektrisches Signal ab, dessen Amplitude und Frequenz proportional der mechanischen Kräfte ist, die auf eine oder mehrere Flächen des Umformers wirken.

Fluid, das unter einem bestimmten Druck in die Leitung 51 tritt oszilliert in dem Oszillator 52, der einen schwingenden Strahl abgibt, wie er im Zusammenhang mit Fig. 1 der Zeichnungen beschrieben ist. Der schwingende Strahl wird in die Kammer 53 abgegeben, in der er abwechselnd auf die Seiten der Kammer 53 auftrifft. Die hierdurch bedingten Schwingungen der Meßkammer 53 wirken auf den Umformer 57 ein, der zwei elektrische Signal pro Schwingungsperiode des Strahles an die Leitung 58 abgibt, weil der Umformer bei jeder halben Periode beeinflußt wird. Der gemessene elektrische Wert entspricht somit der doppelten Frequenz des Strahles, denn der Aufprall des Strahles auf j der Wand d r M ßkammer führt zu in r Be influssung des

Uniformers. Da, wie schon bemerkt, die Frequenz des Strahles in einer linearen Beziehung zur Durchflußmenge durch den Oszillator über einem weiten Durchflußmengenbereich steht, kann die Frequenz des elektrischen Signals direkt einem herkömmlichen Frequenzmeter aufgegeben werden, dessen Skala in Durchflußmengenwerten unterteilt ist.

Ein wesentlicher Vorteil des erfindungsgemäßen Durchflußmengenmessers nach den Fig. 9a und 9b beruht darauf, daß von dem durchfließenden Fluid kein Fluidanteil zur Messung der Durchflußmenge entnommen werden muß oder eine andere Beeinflussung des Fluids notwendig wäre. Der erfindungsgemäße Durchflußmengenmesser kann in jede Strömungsleitung eingesetzt werden, durch welche eine zu messende Menge eines Strömungsmittels fließt. Zur Messung der Durchflußmenge einer Strömung ist nicht in jedem Falle eine dem Oszillator nachgeschaltete Meßkammer 53 erforderlich. Insbesondere wenn der Oszillator als Sprühvorrichtung entsprechend den Beispielen nach Fig. 11 und 12 verwendet wird, kann dieser mit einem Strömungsmengenmesser kombiniert sein. In einem solchen Falle wird der Umformer im Oszillator selbst vorgesehen, um die Frequenz des Oszillatorkörpers selbst zu messen. Der Vorteil einer solchen Anordnung ist, daß die Frequenz der Sprühvorrichtung und damit die vom Oszillator abgegebene Menge gemessen wird, ohne daß eine Kammer 53 erforderlich ist.

Bei vielen Sprühvorrichtungen ist es wünschenswert, wenn eine bestimmte Strömungsmenge abgegeben wird, bei der gute Sprühbedingungen herrschen. In einem solchen Falle sind Sprühvorrichtungen nach den Fig. 8a und 8b von Vorteil. Hierbei ist ein erfindungsgemäßer Oszillator 60 mit einem bügelförmigen Schwingkörper oder dergleichen Teil versehen. Der Schwingkörper ist derart gewählt, daß er eine Resonanzfrequenz entsprechend der doppelten Oszillatorkreisfrequenz der gewünschten Strömungsmittelmenge durch den Oszillator besitzt. Wenn diese Strömungsmittelmengenrichtung ist, führen die Schwingungen des Oszilla-

tors 60 zu Schwingungen des Schwingkörpers 61, der als Anzeige dient, daß die gewünschten Bedingungen erreicht sind. Der Schwingkörper ist also derart ausgebildet, daß er bei anderen als der optimalen Strömungsmittelmenge, die von der Sprühvorrichtung abgegeben wird, nicht schwingt.

Der Schwingkörper 61 ist ein einfaches Beispiel für einen Resonanzkörper, der als Anzeiger für eine bestimmte Strömungsmenge dient. Statt des Schwingkörpers 61 kann auch eine Stimmgabel verwendet werden, die bei einer bestimmten Strömungsmitteldurchflußmenge einen Ton abgibt. Weiterhin kann es sich auch um einen magnetischen Resonanzkörper handeln, zur Abgabe eines elektrischen Signals usw. In jedem Falle wird keine Strömungsmenge entnommen oder die Strömung in anderer Weise beeinträchtigt, so daß eine genaue Strömungsmittelmenge angezeigt werden kann.

Außer für Anwendungen in der Industrie sind erfindungsgemäße Sprühvorrichtungen auch in vielen Anwendungen für den Konsummarkt von Interesse. Hierzu gehört z.B. eine Munddusche, wie sie in unserer parallelen Anmeldung vom gleichen Tage beschrieben ist. Eine weitere Anwendung ist in Fig. 10a und 10b dargestellt. Hierbei handelt es sich um eine Wasserbüste 70, die einen Büstenkörper 71 umfaßt, der an seinem hinteren Ende an eine Leitung angeschlossen ist, über die Wasser von einem Wasserhahn zugeleitet wird. Innerhalb des Büstenkörpers 71 befindet sich ein erfindungsgemäßer Oszillatator (hier nicht dargestellt). Der Oszillatator gibt seinen schwingenden Strahl durch eine im wesentlichen rechteckige Öffnung 72 am vorderen Ende des Büstenkörpers ab. Es ist klar, daß die Gestalt der Auslaßöffnung in Abhängigkeit von der Gestalt des Sprühstrahles geändert werden kann. Um die Öffnung 72 herum befindet sich am vorderen Ende des Büstenkörpers ein im wesentlichen tropfenförmig vorspringender Rand aus einem schaungummiartigen Kunststoffmaterial, das wasserdurchlässig ist.

Die Wirkung dieser Wassermassagebürste hängt nicht von dem natürlichen Widerstand oder Elastizität der Haut ab zur Erzielung einer optimalen Wirkung einer Hautmassage und einer Durchblutung der Haut. Vielmehr wird das durch Wassertropfen an einer Stelle eingedrückte Hautgewebe beim Zurückgehen in seine Ausgangslage durch nachfolgende Wassertropfen, die auf eine unmittelbar benachbarte Hautstelle auftreffen, positiv unterstützt. Auf diese Weise kann die Frequenz des schwingenden Massagestrahles der Wassermassagebürste wesentlich höher gewählt werden, als die Frequenz von Pulstrahlmassagegerät, weil die Frequenz der Pulstrahlen begrenzt ist durch die Zeit, die für die Haut erforderlich ist, aus einer eingedrückten Stellung durch ihre eigene Elastizität wieder in ihre Ausgangslage zurückzugelangen.

Andere Sprühgeräte zum persönlichen Gebrauch sind zur Anwendung des erfindungsgemäßen Oszillators besonders geeignet. Hierzu wird auf Fig. 13 verwiesen, in der ein Zerstäuber 80 dargestellt ist, der aus einem Behälter 81 mit einem entfernbarer Deckel 82 besteht. Ein herkömmlicher Gummibalg 83 an einem in den Behälter durch den Deckel 82 ragenden kurzen Rohr 84 wird von Hand gedrückt, um Luft aus dem Balg über das Rohr 84 in den Behälter zu drücken. Das Rohr 84 endet kurz hinter dem Deckel 82 oberhalb eines Flüssigkeitsspiegels in dem mit einer Flüssigkeit gefüllten Behälter. Ein zweites Rohr 85 endet kurz über dem Boden des Behälters und ist luftdicht wie das Rohr 84 durch den Deckel 82 geführt. Das ober Ende des Rohres schließt an das Eingangsende eines erfindungsgemäßen Oszillators 86 an.

Durch Drücken des Gummibalges 83 wird Flüssigkeit unter Druck durch die Leitung 85 befördert. Bei Erreichen des Oszillators 86 wird von diesem ein schwingender Strahl erzeugt, der einen Sprühstrahl abgibt, dessen Eigenschaften vorstehend beschrieben sind.

Der Zerstäuber nach Fig. 13 ist zur Zerstäubung von Parfüme, Kölnisch Wasser, desodorisierenden Mitteln, Desinfektionsmitteln usw. geeignet. Außerdem können Zerstäuber zur Ablösung von Farben, zum Auftragen von Lösungs- und Reinigungsmitteln usw. benutzt werden. Auch kann der Zerstäuber zur Abgabe eines schwingenden Gasstrahles oder anderer nicht-flüssiger Fluide verwendet werden. Es ist zu bemerken, daß all diese Anwendungen des erfindungsgemäßen Oszillators auch mit anderen Druckquellen, wie Gummibälgen usw., betrieben werden können.

Fig. 14 zeigt eine weitere Anwendung. Es handelt sich um einen erfindungsgemäßen Handsprühapparat 90, mit einem flexiblen Flüssigkeitsbehälter 91, der von Hand zusammengedrückt werden kann, um den notwendigen Druck zur Abgabe eines Sprühstrahles zu erzeugen. Eine Kappe 92 des Behälters 91 ist mit einem erfindungsgemäßen Oszillatoren 93 versehen, der mit der Kappe aus einem Stück bestehen kann. An den Oszillatoren 93 schließt mit ihrem einen Ende eine flexible Leitung 94 in dem Behälter 91 an. An dem vom Oszillatoren abgewandten anderen Ende der flexiblen Leitung 94 ist ein Gewicht 95 befestigt, das das Leitungsende jeweils an dem tiefsten Ende des Behälters hält, ganz gleich, auf welche Weise der Behälter in der Hand des Benutzers gehalten wird.

Die flexible Leitung 94 dient dazu, Flüssigkeit aus dem Behälter 91 unter Druck in den Oszillatoren 93 zu führen, wenn der Behälter von Hand zusammengedrückt wird.

Der Handsprühapparat 90 kann entsprechend dem Zerstäuber 80 (Fig. 13) benutzt werden. Der Vorteil des Handsprühapparates 90 besteht darin, daß er leicht in jede Richtung gehalten werden kann, auch senkrecht nach unten, und daß in allen Stellungen ein Sprühstrahl abgegeben werden kann. Das liegt daran, daß das Gewicht 95 das Einlaßende der flexiblen Leitung 94 stets in eine Lage unter dem Flüssigkeitsspiegel hält, ganz gleich, wie der Behälter 90 gehalten wird.

2505695

Bei beiden Sprühvorrichtungen 80 und 90 nach Fig. 13 und 14 können die Behälter von der Kappe und dem mit der Kappe in Verbindung stehenden erfindungsgemäßen Oszillatoren getrennt werden, so daß sich die Behälter unter Benutzung des gleich n Kappenverschlusses mit dem zugehörigen Oszillatoren austauschen lassen.

Der erfindungsgemäße Oszillator kann auch in Verbindung mit Fluids anders als Wasser benutzt werden. Hierbei kann es sich vorteilhafterweise auch um Arbeitsflüssigkeiten oder Arbeitsgase handeln, in denen sehr feine Teilchen enthalten sind, wobei das Gemisch aus Gas und feinen Teilchen oder Flüssigkeit und feinen Teilchen, die charakteristischen Merkmale eines Strömungsmittels aufweist. Typische Beispiele sind dehydriert Festkörperteilchen, wie z.B. getrocknete Farben und Milch, granulierte Festkörperteilchen, wie Zucker, pulverisierte Stoffe, wie Schießpulver usw. In vielen Fällen ist es möglich, Festkörperteilchen in einem Fluid über einen erfindungsgemäßen Oszillator zu versprühen, wie er in Fig. 1 beschrieben ist. In manchen Fällen fallen jedoch die Festkörperteilchen innerhalb der Wechselwirkungskammer aus bzw. neigen zum Ausfallen. Um ein solches Ausfallen zu verhindern, ist in Fig. 15 ein besonderer, diesem Umstand Rechnung tragender Oszillator für ein Ausführungsbeispiel dargestellt. Der Oszillator 100 besitzt die gleichen Teile wie der Oszillator 10 in Fig. 1, die mit den gleichen Bezugszeichen versehen sind. Zusätzlich enthält der Oszillator eine Eingangsleitung 101 für Luft, welche mit einem Verzweigungskanal 102 verbunden ist. Der Verzweigungskanal steht über Öffnungen 103 in beiden Seitenwänden 15 und 16 mit der Wechselwirkungskammer 13 in Verbindung. Über die Eingangsleitung 101, den Verzweigungskanal 102 und die Öffnungen 103 gelangt Luft oder Gas unter Druck in die Wechselwirkungskammer 13. Hierzu ist die Leitung 101 an eine nicht dargestellte Druckluftquelle angeschlossen, um den Druck in der Wechselwirkungskammer zu erhöhen. Der erhöhte Druck verhindert, daß in dem Fluid enthaltene Festkörperteile in der Wechselwirkungskammer zur Ausfällung kommen können. Ein Verstopfen der Kanüle mit

Festkörperteilchen kann so verhindert werden. Vielmehr werden die Festkörperteilchen angetrieben, aus der Austrittsöffnung 14 mit dem ausströmenden Strahl auszutreten.

Der die Festkörperteilchen enthaltende Strahl, der den Oszillator 100 verläßt, besitzt die Gestalt einer schmalen sinus-der zickzackförmigen Kurve, wie sie in Fig. 19 gezeigt ist. In dieser Form können die Teilchen entweder auf eine Fläche (wenn es sich um eine Farbe handelt) gesprührt werden oder in einem besonderen Prozeß bzw. Verfahrensschritt wie gefordert verteilt werden. Eine weitere Ausbildung eines erfundungsgemäßen Oszillators zur Abgabe eines Strahles entsprechend Fig. 19 ist in den Fig. 16 und 18 aufgezeigt. Der Oszillator 105 enthält die gleichen Teile wie der Oszillator 10 nach Fig. 1. Zusätzlich enthält er ein Rohr 106, das sich durch die Platte 11 erstreckt und im Bereich der Austrittsöffnung 14 endet. Die Lage des Rohres 106 ist derart, daß der aus der Austrittsöffnung 14 austretende Strahl jeweils über die Öffnung des Rohres 106 streicht unabhängig von der Lage des Strahles. Das Rohr 106 dient dazu, feste Partikel oder ein Fluid dem schwingenden Strahl beim Überstreichen über die Öffnung des Rohres 106 zuzumischen. Das zuzumischende Gut kann entweder vom Strahl durch das Rohr 106 angesaugt werden oder es wird unter Druck dem Strahl zugeleitet. In jedem Falle trägt der Strahl das zugeführte Material bzw. den zugeführten Stoff mit sich in einer Strahlform, wie sie in Fig. 19 gezeigt ist. In einem typischen Anwendungsfall kann die Arbeitsströmung Luft und das über das Rohr 106 zugeleitete Material aus festen Teilchen bestehen. Allgemein kann die Arbeitsströmung jede Flüssigkeit, jedes Gas oder in einer Flüssigkeit übergeführte Festkörper oder in einer s lchen aufgeschäumte Festkörper betreffen und der über das Rohr 106 zugeführte Stoff kann ebenso flüssig, gasförmig oder aus einzelnen trockenen oder in einer Flüssigkeit aufgeschäumten Festkörperteilchen bestehen. Das Rohr 106 kann z.B. in Verbindung mit der Wassernassagebüste 70 in Fig. 10a, 10b stehen, um z.B. Sif d r dergl ichen dem Strahl zuzumisch n. Das

Rohr 106 kann auch in Verbindung mit der landwirtschaftlichen Sprühvorrichtung nach Fig. 12 verwendet werden ; um z.B. pestizide Mittel einem Düngemittelstrahl oder umgekehrt zuzumischen. In einigen Fällen kann es wünschenswert sein, dem austretenden Strahl Stoffe so zuzumischen, daß der Stoff nicht über den ganzen Strahl gleichmäßig verteilt ist. Z.B. zeigt Fig. 20 einen Sprühstrahl, der in eine Reihe von Strahlteilen aus strömungsfähigen Festkörperpartikeln besteht, die entlang einer geraden Linie strömen. Ein erfindungsgemäßer Oszillatator zur Abgabe eines solchen Sprühstrahles ist in den Fig. 17 und 18a gezeigt. Der Oszillatator ist im wesentlichen gleich dem Oszillatator 10 nach Fig. 1, wobei gleiche Teile mit den gleichen Bezugszeichen benannt sind. Abweichend von dem Oszillatator 10 enthält der Oszillatator 110 ein Rohr 111 ähnlich dem Rohr 106 des Oszillators 105, das aber anders als das Rohr 106 in dem Austrittsbereich 17 mündet und zwar mit einem wesentlichen Abstandstrom-ab von der Austrittsöffnung 14. In dieser Lage überstreicht der austretende Strahl die Öffnung des Rohres 111 bei seinem Hin- und Herschwingen, und zwar nur zwei Mal während einer Schwingungsperiode. Das heißt, der Strahl passiert die Austrittsöffnung des Rohres 111 nur, wenn der Strahl sich in oder nah seiner Mittellage befindet und nicht, wenn er seine seitlich <sup>R</sup> Stellungen gegenüber der Mittellage einnimmt. Das Rohr 111 kann aber so angeordnet sein, daß seine Öffnung nur von dem Strahl überströmt wird, wenn sich dieser in einer seiner beiden extremen Lagen befindet. Es können auch mehr als ein Rohr in den Austrittsbereich 17 münden, so daß eine entsprechende Anzahl Sprühstrahlen gemäß Fig. 20 abgegeben werden, die zwischen sich Winkel einschließen. In jedem Fall enthält der Sprühstrahl, der von dem Oszillatator 110 abgegeben wird, über das Rohr 111 zugeführte Stoffe, die sich nur an diskreten Stellen des Sprühstrahles befinden. Die Fluide und die Stoffe bzw. Materialien, die im Zusammenhang mit dem Oszillatator 110 verwendbar sind, sind die gleichen wie die für den Oszillatator 105 nach Fig. 16 und 18.

Ein weiterer Oszillator nach der Erfindung ist in Fig. 21 dargestellt. Der Oszillator 120 besitzt die gleichen Teile wie der Oszillator 10 nach Fig. 1 mit Ausnahme der Düse 121, die sich von der Düse 12 in Fig. 1 unterscheidet. Die Düse 121 besitzt am Düsenaustritt eine scharfkantige Düsenverengung, ähnlich wie der Düsenaustritt der in der US-Patentschrift 3 608 703 aufgezeigten Düse. Wie in dem US-Patent beschrieben, ist ein von einer solchen Düse abgegebener Strahl leichter auslenkbar, so daß eine kürzere Wechselwirkungskammer möglich ist. Durch Verwendung der Düse 121 war es möglich, die Länge der Wechselwirkungskammer des Oszillators 120 in Fig. 21 kürzer auszubilden als bei dem Oszillator 10 in Fig. 1. Wesentlich ist dabei, daß die Austrittsöffnung 14 und die Steuerkanäle 21, 22 ausreichend schmal ausgebildet sind, so daß im Betrieb der statische Druck am aufstromseitigen Ende der Wechselwirkungskammer 13 positiv größer ist als im Austrittsbereich. Das erlaubt, wie vorstehend beschrieben, daß das Fluid von der Wechselwirkungskammer 13 zum Austrittsbereich 17 über die Steuerkanäle 21, 22 strömt, wobei diese Strömung in Auslaßrichtung verhindert, daß von außen über die Steuerkanäle Fluid aus dem Austrittsbereich in die Wechselwirkungskammer gelangen kann. Außerdem wird verhindert, daß der Strahl auf die seitlichen Wandungen des Austrittsbereiches auftreffen kann, wodurch unerwünschte kleine Tröpfchen entstehen würden.

Zusammenfassend weist der vorstehend beschriebene, erfindungsgemäße fluidische Oszillator vor allem folgende Vorteile auf:

- (a) Ein flüssiger Sprühstrahl kann in einer gewünschten Strahlform bei niedrigeren Drücken als bisher erzielt werden.
- (b) Wenn erwünscht, kann eine einheitliche Tropfengröße erzielt werden. In jedem Fall kann eine minimale und eine maximale Tropfengröße bei niedrigeren Drücken als bisher erzielt werden.
- (c) Aus dem Austrittsbereich kann kein Fluid in die Wechselwirkungskammer gelangen.

- (d) Der Strömungsfluß durch den Oszillatator kann ohne Eingriff in die Strömung selbst gemessen werden.
- (e) Der Oszillatator nach der Erfindung kann wesentlich kleiner als bekannte Oszillatoren gebaut werden, die eine Wechselwirkungskammer mit innerer Rückführung entlang ausgebuchten Seitenwänden besitzen.
- (f) Der erfindungsgemäße Oszillatator kann mit flacheren Kanälen als bekannte fluidische Strömungselemente gebaut werden, und zwar ist das Düsenverhältnis (Tiefe der Düse zur Düsenweite) kleiner als bisher. Gemeint ist die Düse, über die die Arbeitsströmung (Hauptströmung) geführt wird. Das erlaubt eine einfachere und kostensparendere Herstellung als bisher.

Bezüglich des Vorteiles eines kleineren Düsenverhältnisses ist noch zu bemerken, daß das kleinere Verhältnis keine Einwirkung auf die Arbeitsfrequenz des Oszillators hat. In anderen Worten, alle anderen Dimensionen bleiben unverändert, das Ändern der Kanaltiefe mindert nicht die Arbeitsfrequenz bei irgendeinem Arbeitsdruck. Diese Vorteile stellen keine Beschränkung hinsichtlich der Anwendung des Düsenverhältnisses dar. Die Erfindung arbeitet bei größeren Düsenverhältnissen gleichermaßen gut.

Es ist zu betonen, daß ein sinusförmiger Sprühstrahl entsprechend Fig. 5 mehr Tropfen von einheitlicher Größe als der Sprühstrahl mit einer zick-zack-förmigen Gestalt nach Fig. 6 besitzt, obgleich die Änderung der Tropfengröße in dem Sprühstrahl nach Fig. 6 in keinem Falle groß ist. Wie angegeben, ist bei der zick-zack-förmigen Gestalt des Sprühstrahles nach Fig. 6 die räumliche Verteilung der Flüssigkeit einheitlicher als bei dem sinusförmigen Sprühstrahl nach Fig. 5, obwohl der sinusförmige Sprühstrahl für die meisten Sprühstrahlanwendungen ausreichend ist. Die günstigste Kombination zwischen einheitlicher Tropfengröße und einheitlicher Flüssigkeitsverteilung wird durch einen Kompromiß zwischen den beiden Sprühstrahlausbildungen erhalten.

609817/1187

Ein anderer Vorteil der Erfindung beruht in der Tatsache, daß der Oszillator nicht fortwährend nachtropft, wenn er nicht arbeitet, ein Problem, das bei den herkömmlichen Sprühdüsen vorhanden ist.

Ein noch weiterer Vorteil beruht darauf, daß die Erfindung in Gas- und in Wasserumgebung arbeiten kann, und daß als Arbeitsfluid eine Flüssigkeit oder ein Gas geeignet ist. Die meisten bekannten fluidischen Oszillatoren arbeiten nicht in jeder Umgebung.

Der Oszillator nach der Erfindung ist in der Lage, ein Fluid mit größerer Viskosität in einer unverminderten Sprühform bei einem gegebenen Flüssigkeitsdruck abzugeben, als es beim Stand der Technik möglich war. Das ist besonders vorteilhaft bei Aerosol-Sprühern, bei denen der verwendbare Druck beträchtlich stark begrenzt ist. Außerdem besitzen einige Aerosolsprüh-Lösungsmittel in der abgegebenen Flüssigkeit zur Verringerung der Viskosität. Die Viskosität soll dabei so weit erniedrigt werden, daß ein Versprühen möglich ist. Der erfindungsgemäße Oszillator erlaubt eine beträchtliche Verringerung an Lösungsmittel in solchen Sprühvorrichtungen. Die Verringerung des Lösungsmittels verringert die Bildung von kleinen Tropfen, die anders im Zusammenwirken von Umgebungsluft und Fluid mit geringer Viskosität gebildet werden. Weiterhin reduziert die Verringerung des Lösungsmittels die Tendenz des versprühten Fluids (z.B. einer Farbe) nach dem Auftreffen auf die zu besprühende Fläche zu laufen.

Ein weiterer Vorteil der Erfindung besteht in der hin- und herstreichenden Wirkung der Sprühstrahlen. Es hat sich gezeigt, daß der pulsierende Strom bekannter Oszillatoren die erkrankte Haut von Keimen befreien kann und Wunden reinigt. Der erfindungsgemäße Pulsator erreicht eine solche Wirkung bei hohen Frequenzen und relativ niedrigen Drücken, ohne daß dabei der Patient ein stechendes Gefühl wie bei pulsierenden Strömen hat.

In der Tat führt ein prickelndes Gefühl, das der Patient unter den Sprühstrahlen eines erfindungsgemäßen Oszillators wahrnimmt, zu einer gewissen Empfindungslosigkeit eines begrenzten Bereichs anders als die stehenden Empfindungen, die mit den bekannten Oszillatoren erzielt werden.

Der erfindungsgemäße Oszillator erzeugt einen im wesentlichen ebenen gefächerten Sprühstrahl, der sich durch die Ausbildung der Austrittswände bzw. der Austrittsöffnung verändert lässt. Außerdem muß der Sprühstrahl nicht unbedingt in einer Ebene liegen, indem der Oszillator derart ausgebildet wird, daß die Platte 11 nicht eben ist. Z.B. wenn die Platte 11 eine halbsylindrische Form aufweist, muß der abgelenkte Strahl quer zu der halbsylindrischen Platte abgelenkt werden, so daß der austretende Strahl nicht flach ist, sondern eine konisch oder halbsylindrische Gestalt besitzt. Andere Ausbildungen der Platte 11 führen zu entsprechenden Strahlausbildungen.

Verschiedene Anwendungen des erfindungsgemäßen Oszillators sind nachstehend aufgeführt:

- (1) Landwirtschaftliche Sprühvorrichtungen
- (2) Farbensprühvorrichtungen
- (3) Mundduschen
- (4) Aerosol-Sprüher
- (5) Versprühen eines Fluids unter Zusatz von festen Teilchen
- (6) Messung der Strömungsmenge
- (7) Zerstäuber
- (8) Strömungsmischer
- (9) Kraftstoffeinspritzung
- (10) Trockner
- (11) Massagegeräte
- (12) Reinigungsvorrichtungen.

Bezüglich der Reinigungsvorrichtung ist anzugeben, daß der erfindungsgemäß erzielte Sprühstrahl zum Reinigen der verschiedenen Oberflächen geeignet ist. So werden beträchtliche

Vorteile auf dem Gebiet der Wundbehandlung erzielt, wo Flüssigkeitsstrahlen von Wasser und/oder antiseptischen Lösungen auf die Wunden bzw. wunden Stellen gesprüht werden, um ein wirksame Sterilisation zu erzielen.

Die Erfindung befaßt sich somit vor allem ganz allgemein auf Vorrichtungen und deren Anwendungen zur Abgabe von Flüssigkeitsstrahlen unter niedrigem Druck, dabei spielt die Abgabe eines Flüssigkeitsstrahles, der periodisch abgelenkt wird und eine steuerbare Tropfengröße sowie eine steuerbare Flüssigkeitsverteilung besitzt, eine besondere Rolle, die für viele Anwendungen wesentlich ist.

Patentansprüche

P a t e n t a n s p r ü c h e

1. Vorrichtung zum **Ver**sprühen eines Fluids, insbesondere fluidischer Oszillatoren, mit einer Düse zur Abgabe eines Strahles der durch eine Austrittsöffnung in einem von an die Austrittsöffnung anschließenden stromab divergierenden Austrittswänden begrenzten Austrittsbereich periodisch zwischen den beiden Austrittswänden hin- und herschwenkt, dadurch gekennzeichnet, daß der Strahl die Austrittsöffnung (14) vollkommen ausfüllt und die Austrittswände (18, 19) je eine Öffnung (23, 25) mit einem anschließenden mit Fluid gefüllten Kanal (21, 22) aufweisen, aus dem beim Vorbeiströmen des Strahles in seiner einen extremen Lage Fluid austritt und entlang der Austrittswand fließt, so daß der Strahl gehindert ist, sich an die Austrittswand anzulegen.
2. Vorrichtung nach Anspruch 1 mit einer Wechselwirkungskammer mit auf- und abstromseitigen "in- bzw. Austrittsöffnungen und ausgebuchteten Seitenwänden, die von der aufstromseitigen Eintrittsöffnung aus zunächst divergieren und zur abstromseitigen Austrittsöffnung hin konvergieren, mit einer Düse zur Abgabe eines Strahles durch die Eintrittsöffnung in die Wechselwirkungskammer, einem Austrittsbereich im Anschluß an die Austrittsöffnung der Wechselwirkungskammer mit von der Austrittsöffnung aus divergierenden Seitenwänden und mit beiderseits der Seitenwände der Wechselwirkungskammer vorhandenen Steuerkanälen, die sich jeweils zwischen Öffnungen in den divergierenden Seitenwänden des Austrittsbereichs und Öffnungen in den Seitenwänden am aufstromseitigen End der Wechselwirkungskammer erstrecken, dadurch gekennzeichnet, daß die Weite des Austrittsendes nur wenig größer als die engste Weite der Hauptdüse ist, so daß der austretende Strahl die Wechselwirkungskammer vom Austrittsbereich abschließt, und daß die axiale Länge der Wechselwirkungskammer derart relativ kurz und der Querschnitt der Steuerkanäle derart relativ klein gewählt sind, daß der positive statische Druck

609817/1187

-40-

ORIGINAL INSPECTED

am Eintrittsende der Wechselwirkungskammer den statischen Druck im Austrittsbereich übersteigt und Wasser in den Steuerkanälen nur in Richtung zum Austrittsbereich strömt.

3. Vorrichtung nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß bei einer engsten Weite  $W$  der Hauptdüse, die Weite des Austrittsendes  $1,1 W$  bis  $1,5 W$  beträgt, daß der Abstand zwischen den engsten Querschnitten der Hauptdüse und dem Austrittsende kleiner als  $8 W$ , insbesondere  $5 W$  bis  $8 W$ , beträgt und daß der Querschnitt der Steuerkanäle gleich oder kleiner als der engste Querschnitt der Hauptdüse ist.
4. Vorrichtung nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß bei gleicher Tiefe der Steuerkanäle und der Hauptdüse die Weite der Steuerkanäle kleiner/gleich  $0,75 W$  ist.
5. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Abschnitte der Seitenwände des Austrittsbereiches stromab von den Öffnungen der Steuerkanäle unter einem kleineren Winkel divergieren als die Abschnitte der Seitenwände zwischen dem Austrittsende der Wechselwirkungskammer und den Öffnungen der Steuerkanäle.
6. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß der Austritt der Düse verengt ist.
7. Vorrichtung nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Verengung von einem langgestreckten Hals mit parallelen Seitenwänden gebildet wird (Fig. 4).
8. Vorrichtung nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Verengung von nach innen gerichteten seitlichen Vorsprüngen gebildet wird (Fig. 1).
9. Vorrichtung nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß die Vorsprünge scharfkantige, zur Längsachse der Düse senkrecht

2505695

nach innen weisende Wandabschnitte bilden, die eine trichterförmige Düsenöffnung mit stromab nach außen divergierend n Wandabschnitten bilden, in die die Steuerkanäle nahe der Düsenöffnung münden (Fig. 21).

10. Vorrichtung nach Anspruch 2 und 9, dadurch gekennzeichnet, daß die divergierenden Seitenwände am stromauf seitigen Ende der Wechselwirkungskammer ungekrümmte Seitenwandabschnitte aufweisen, an die stromab nach außen kreisbogenförmig divergierende und zur Austrittsöffnung der Wechselwirkungskammer hin konvergierende Seitenwandabschnitte anschließen (Fig. 1, 21).
11. Vorrichtung nach einem oder mehreren der vorstehenden Ansprüchen, dadurch gekennzeichnet, daß in der die Wechselwirkungskammer und die Kanäle abschließenden flachen Deck- und/oder Bodenplatte im Bereich der Austrittsöffnung der Wechselwirkungskammer wenigstens eine Öffnung zur Zuführung von fluiden Stoffen vorgesehen ist, die von dem austretenden Strahl ständig überströmt wird (Fig. 16).
12. Vorrichtung nach einem oder mehreren der vorstehenden Ansprüchen, dadurch gekennzeichnet, daß in der die Wechselwirkungskammer und die Kanäle abschließenden flachen Deck- und/oder Bodenplatte mit Abstand von der Austrittsöffnung im Austrittsbereich wenigstens eine Öffnung zur Zuführung von fluiden Stoffen vorgesehen ist, die von dem austretenden Strahl während einer Schwingungsperiode nur kurzzeitig überströmt wird (Fig. 17).
13. Vorrichtung nach einem oder mehreren der vorstehenden Ansprüchen, dadurch gekennzeichnet, daß die Wechselwirkungskammer über wenigstens eine Öffnung an eine äußere Druckmittelquelle zur Erhöhung des statischen Druckes in der Wechselwirkungskammer angeschlossen ist.
14. Vorrichtung nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, daß in den Seitenwänden der Wechselwirkungskammer Kanäle vorgesehen

sind, die durch mehrere Öffnungen mit der Wechselwirkungskammer verbunden sind, und daß die miteinander verbundenen Kanäle über wenigstens eine Anschlußöffnung an die äußere Druckmittelquelle angeschlossen sind (Fig. 15).

15. Vorrichtung nach einem oder mehreren der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der Austrittsbereich einen halbkreisförmig gewölbten Austrittsschlitz bildet.
16. Vorrichtung nach Anspruch 5 und weiteren Ansprüchen, dadurch gekennzeichnet, daß die Abschnitte der Seitenwände des Austrittsbereichs stromab von den Öffnungen der Steuerkanäle leicht nach außen gewölbt sind (Fig. 15).
17. Vorrichtung nach einem oder mehreren der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß an den Austrittsbereich des Oszillators eine trichterförmige Meßkammer zur Aufnahme und Weiterleitung des schwingenden Strahles anschließt, wobei die durch den Strahl bewirkten Schwingungen der Meßkammer ein Maß für die Frequenz des Strahles proportional seiner Durchflußmenge ist.
18. Vorrichtung nach Anspruch 17, dadurch gekennzeichnet, daß die Meßkammer mit einem piezoelektrischen Umformer zur Erfassung der Schwingungen versehen ist (Fig. 9).
19. Vorrichtung nach einem oder mehreren der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß an einer Außenwand des den Oszillator aufnehmenden Gehäuses ein Resonanzkörper angebracht ist, der bei einer bestimmten Frequenz des Strahles in Schwingung gerät und diese Frequenz anzeigt (Fig. 8).
20. Vorrichtung nach einem oder mehreren der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der Oszillator an einen Deckel für einen flexiblen Flüssigkeitsbehälter anschließt (Fig. 14).

21. Vorrichtung nach Anspruch 20, dadurch gekennzeichnet, daß an die Düse ein in dem Behälter liegender flexibler Schlauch anschließt, an dessen Einlaßöffnung ein Gewicht angebracht ist (Fig. 14).
22. Vorrichtung nach einem oder mehreren der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Düse an ein starres Zuleitungsrohr anschließt, das durch einen Deckel bis dicht über den Boden eines Flüssigkeitsbehälters reicht und daß durch den Deckel außerdem ein kurzes Rohr ragt, das an einen Luftbalg angeschlossen ist (Fig. 13).
23. Vorrichtung nach einem oder mehreren der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß ein oder mehrere in Reihe angeordnete Oszillatoren zur Versprühung von Farben, Lacken und dergleichen Flüssigkeiten auf einer Fläche an einem längs der Fläche verschieblichen Rahmen gehalten sind (Fig. 11).
24. Vorrichtung nach einem oder mehreren der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß ein oder mehrere in Reihe angeordnete Oszillatoren zur Versprühung von Lösungen (Düngemitteln, Unkraut- und Schädlingsvertilgungsmitteln) über dem Ackerboden an einem Rahmen gehalten sind, die als seitlicher Ausleger an einem Fahrzeug angebracht sind (Fig. 12).
25. Vorrichtung nach einem oder mehreren der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der Austrittsbereich in eine Öffnung einer stirnseitigen Wand eines Massage- und/oder Reinigungsgerätes austritt und die Öffnung von einem vorspringenden Rand aus Kunststoff (Schaumstoff) umgeben ist (Fig. 10).
26. Vorrichtung nach Anspruch 25, dadurch gekennzeichnet, daß der Rand eine tropfenförmige Gestalt besitzt (Fig. 10).

Leerseite

2505695

- 53 .

FIG.1

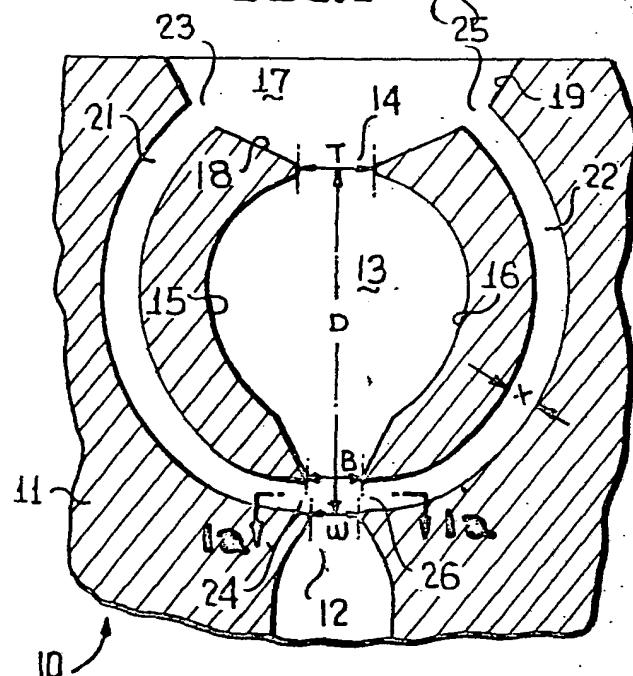
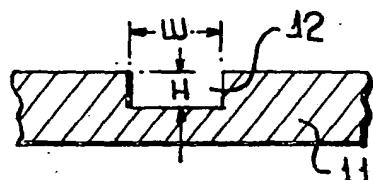


FIG.1a



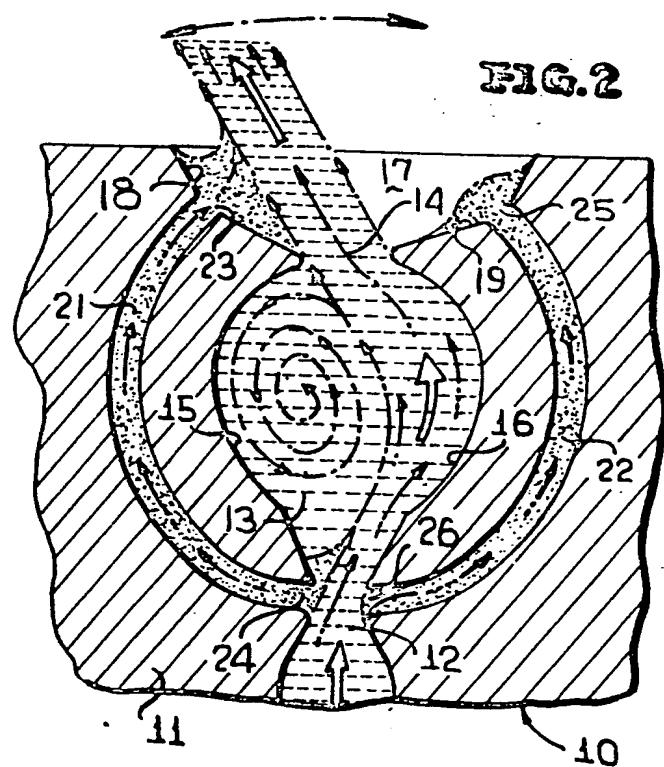
B05B 1-14 AT:11.02.1975 OT:22.04.1976

609817/1187

2505695

- 45 -

FIG. 2

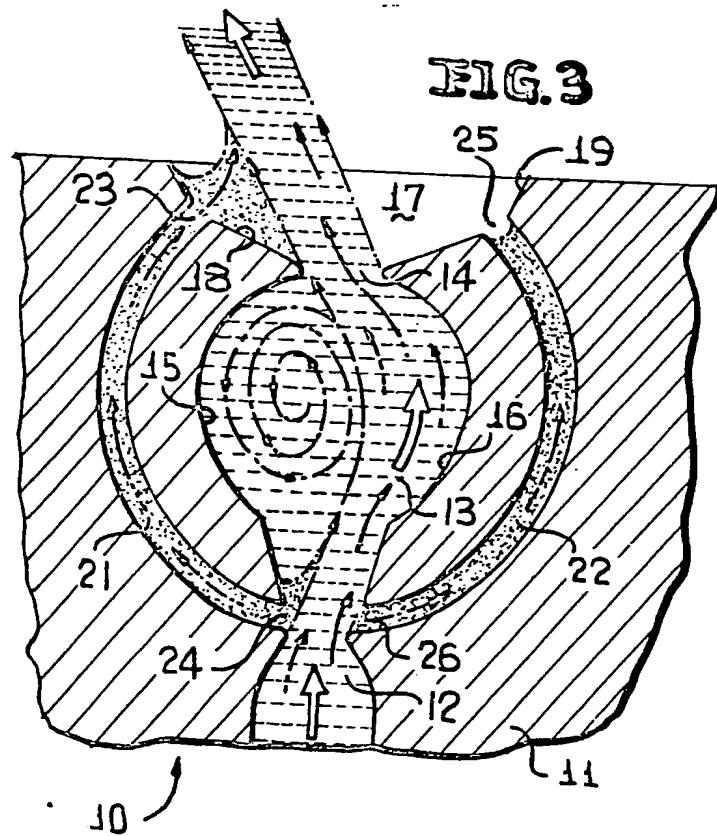


609817/1187

2505695

• 46 .

FIG. 3



609817/1187

FIG.4 .47.

2505695

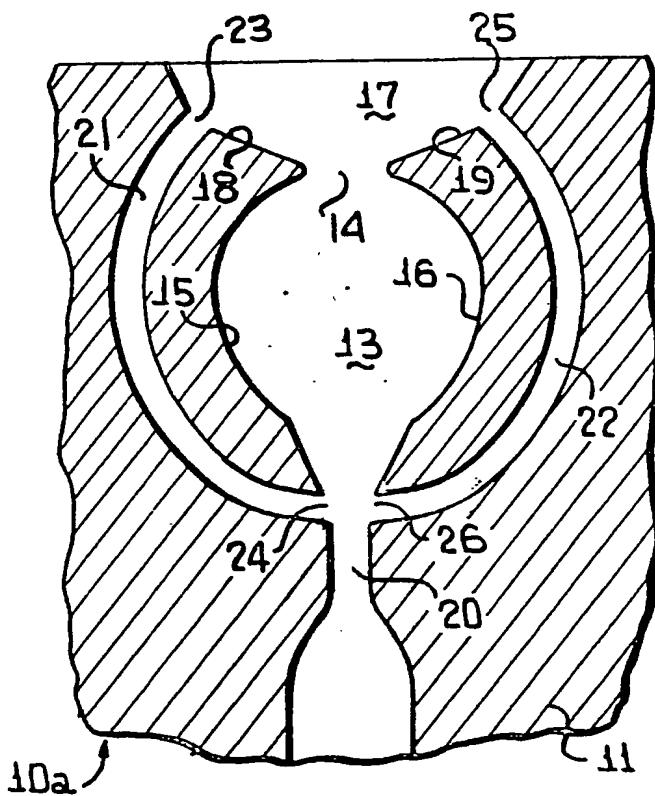
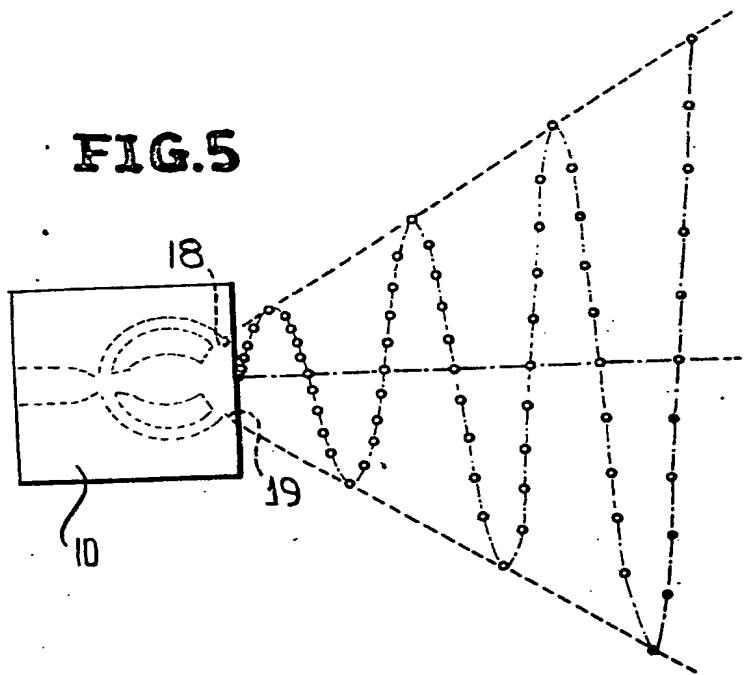


FIG.5

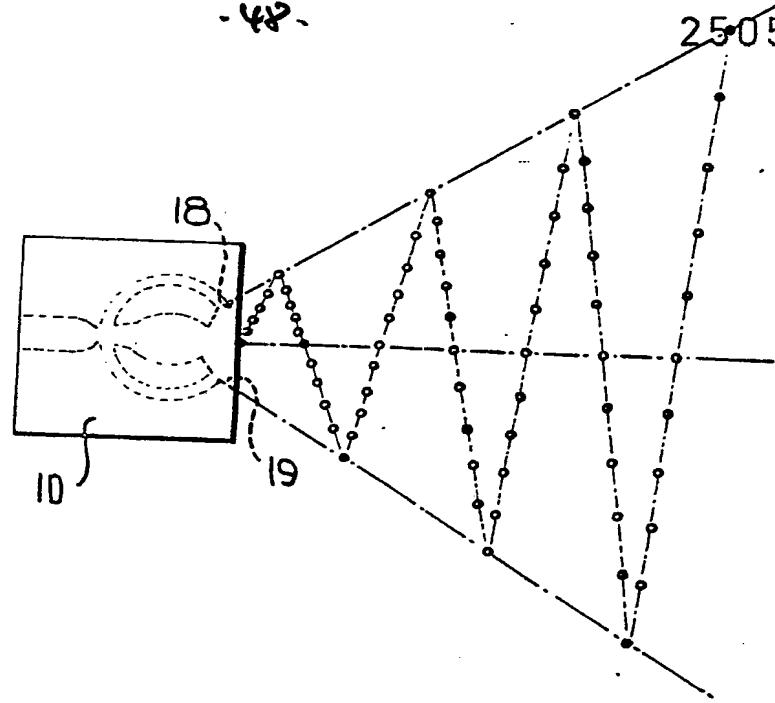


609817/1187

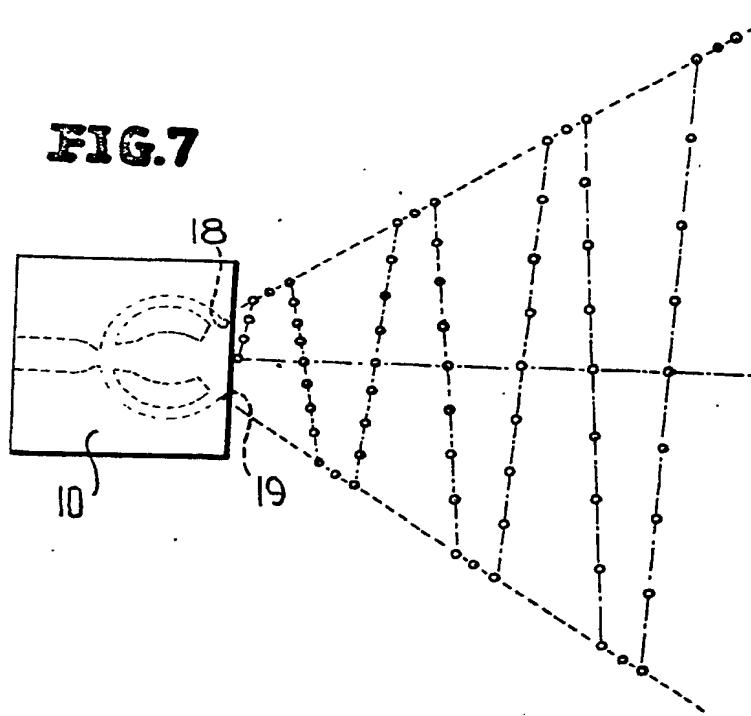
-48-

2505695

**FIG.6**

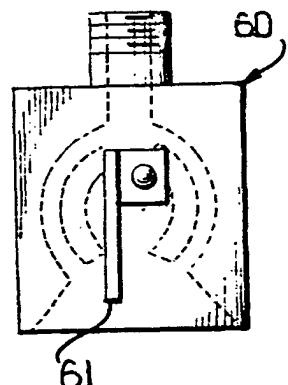


**FIG.7**

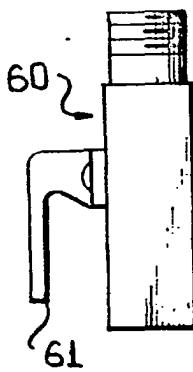


609817 / 1187

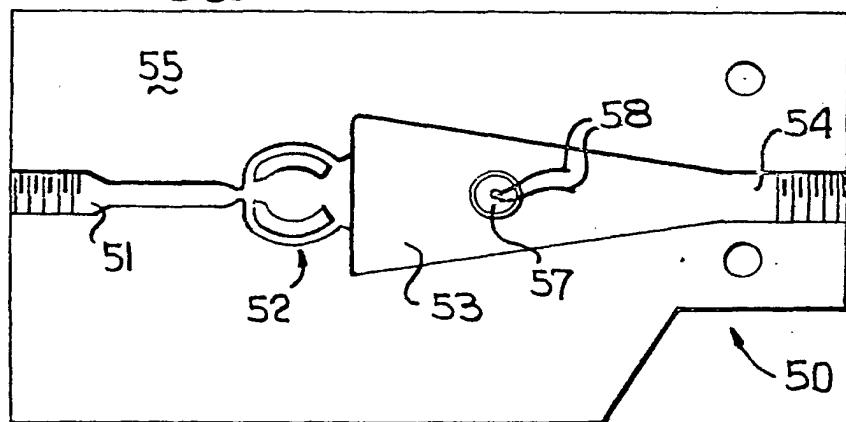
**FIG.8a**



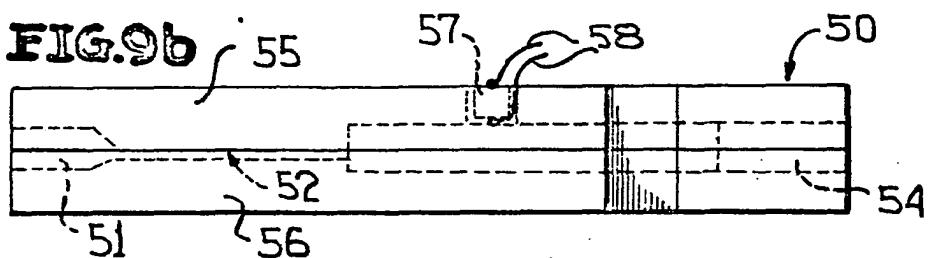
**FIG.8b**



**FIG.9a**



**FIG.9b**



-50-

2505695

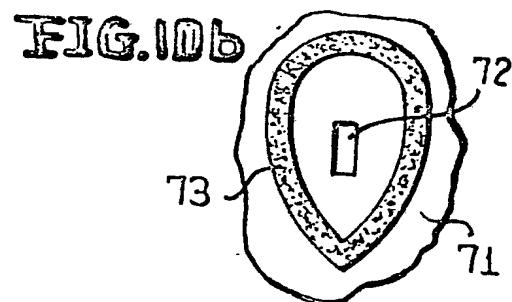
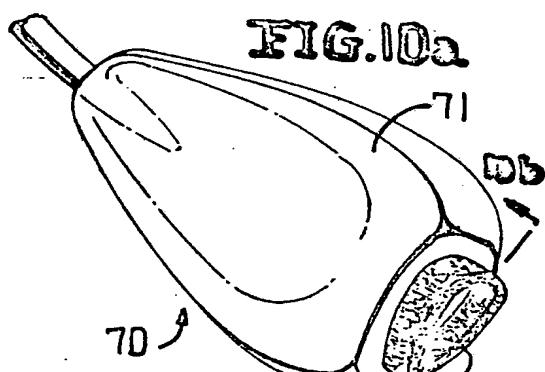


FIG. 11

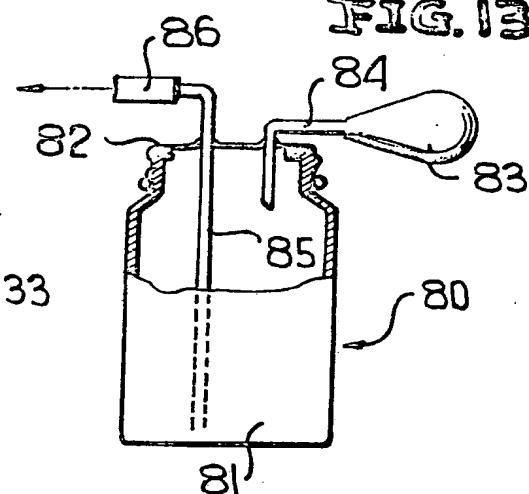
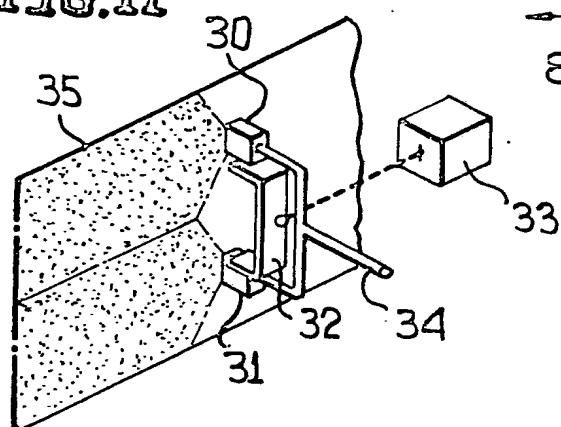
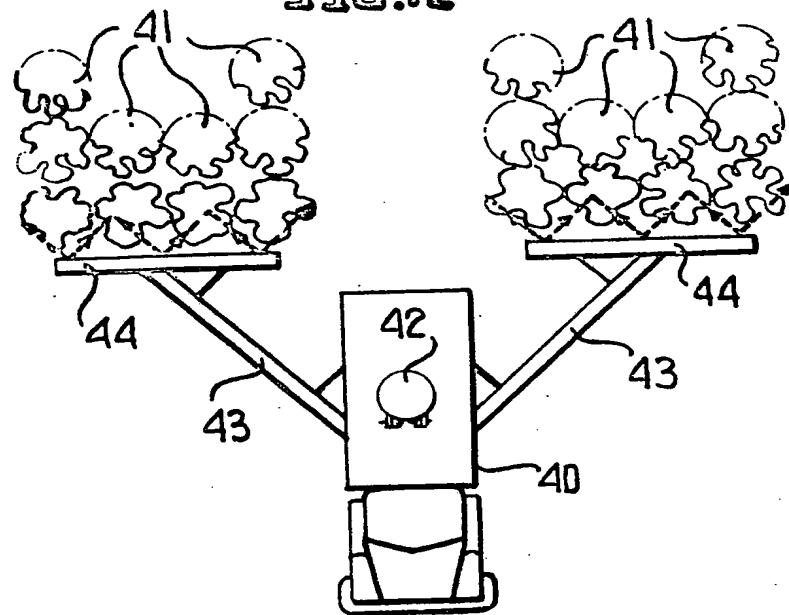


FIG. 12



609817/1187

- 51 -

2505695

FIG. 14

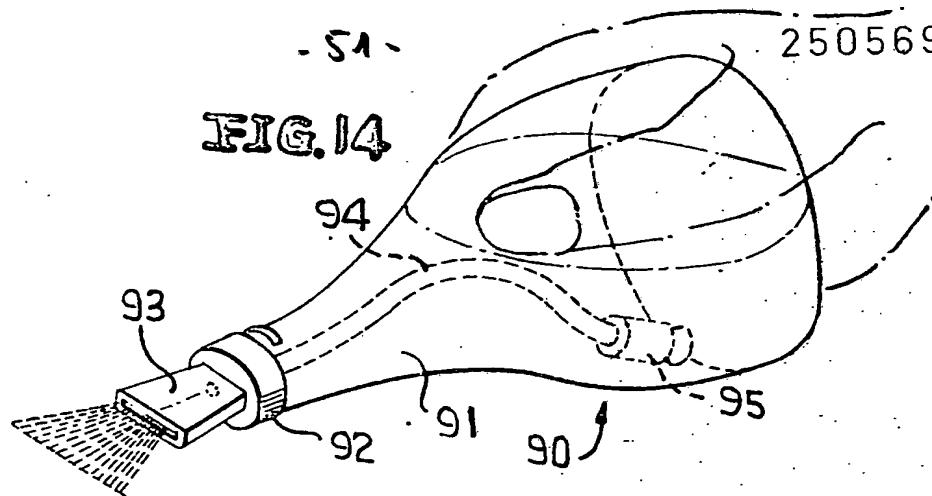
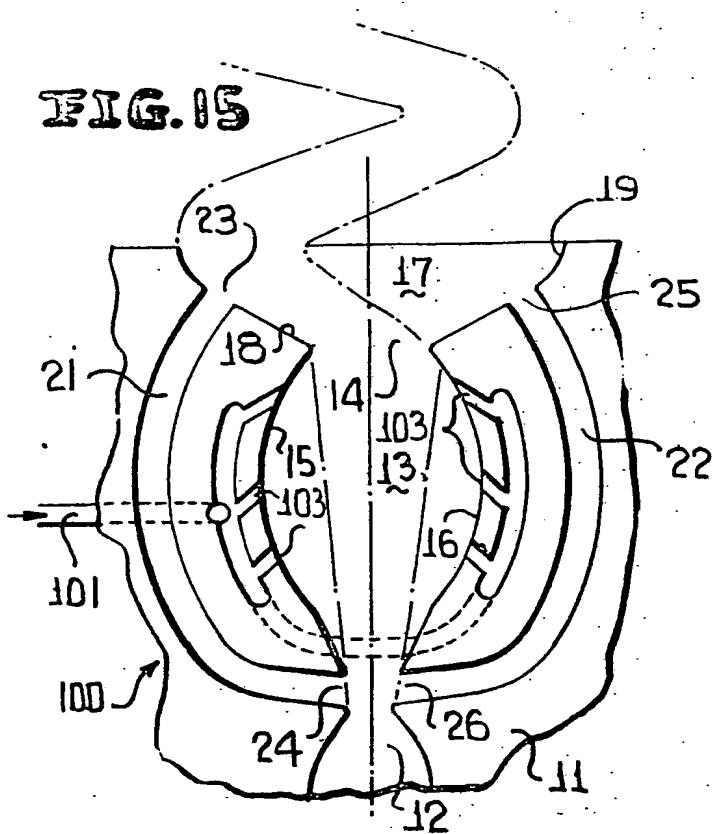
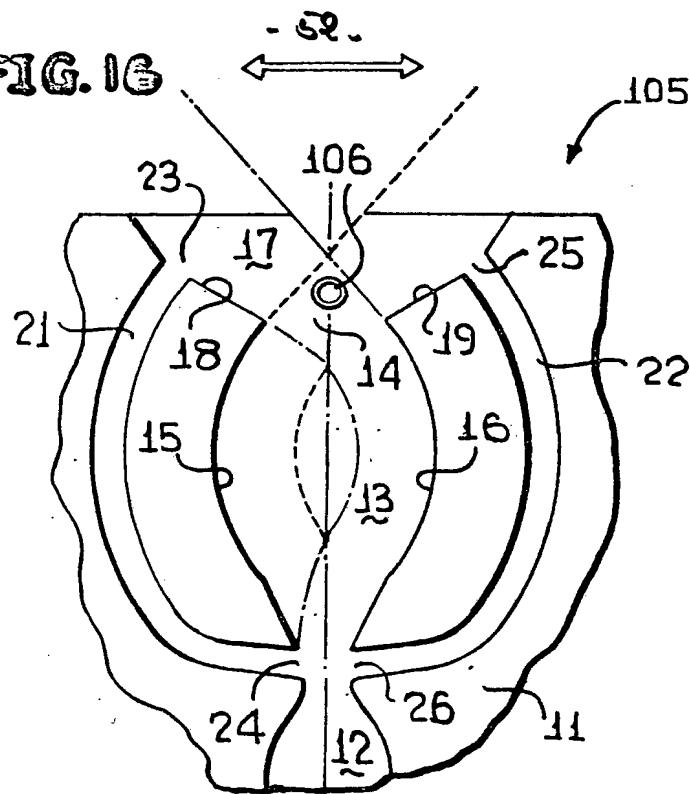


FIG. 15



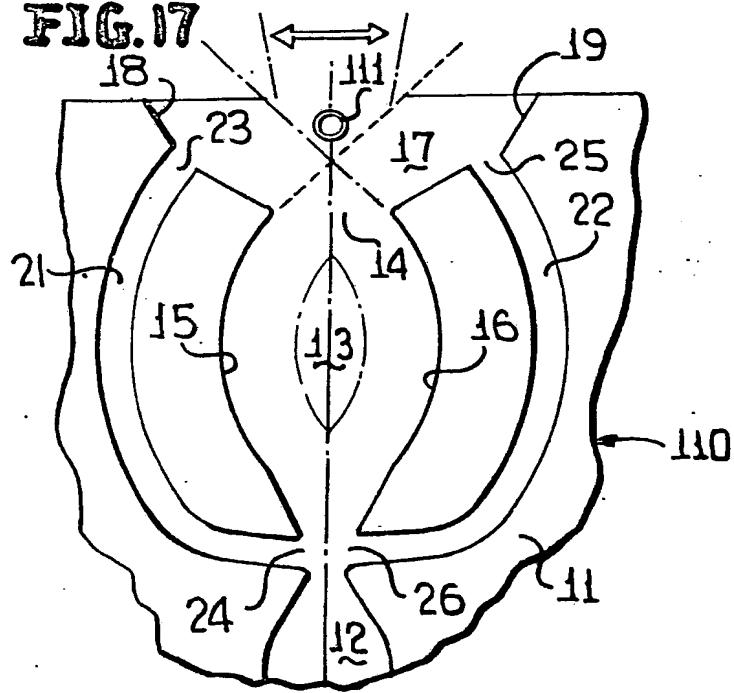
609817/1187

**FIG. 16**



2505695

**FIG. 17**



609817/1187